Das

Buch der Natur.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.



A a B C D E b F G H H1
Ka
Na.
Sr.
Ca.
Ba.
1
2
3
4
5
6

Das

Buch der Natur,

die

Lehren der Physik, Astronomie, Chemie, Mineralogie, Geologie, Botanik, Physiologie und Zoologie

umfassend.

Allen Freunden der Naturwissenschaft,

insbesondere den Gymnasien, Real- und höheren Bürgerschulen

gewidmet

von

Dr. Friedrich Schoedler,

Director der Großherzoglich Hessischen Realschule in Mainz.

Achtzehnte, vermehrte und verbesserte Auflage.

In zwei Theilen.

Mit gegen 1000 in den Text eingedruckten Holzstichen, Sternkarten, Mondkarte, Spectraltafel und einer geognostischen Tafel in Farbendruck.

Erster Theil:

Physik, Astronomie und Chemie.

Mit 407 in den Text eingedruckten Holzstichen, einer Spectraltafel in Farbendruck, Sternkarten und einer Mondkarte.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1871.

Vorrede zur elften Auflage.

Im Anfange des Jahres 1842 wurde ich als Lehrer der Naturwissenschaften an das mit einer Realschule verbundene Gymnasium zu Worms berufen. Meine Aufgabe war, sowohl die Zöglinge des Gymnasiums, welche im Alter von 17 bis 19 Jahren zur Universität abgingen, als auch die der Realschule, welche mit 14 bis 16 Jahren zu bürgerlichen Berufsarten oder höheren technischen Schulen übertraten, in allen Zweigen der Naturwissenschaft zu unterrichten. Bei Feststellung des allgemeinen Lehrplans ergab es sich, daß, nachdem allen übrigen Unterrichtszweigen angemessen Rechnung getragen worden war, für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Realschule wöchentlich nur drei bis vier Stunden, im Gymnasium nur zwei Stunden verwendbar blieben. Bei aller Geneigtheit, dieses Fach zu begünstigen, konnte dennoch demselben nicht mehr Zeit zugewendet werden, ohne empfindlichen Verlust für andere nicht minder berechtigte Fächer, ohne Ueberbürdung der Schüler mit Unterrichtsstunden. Es war mir somit ein festes Budget bewilligt, gebildet aus einer knapp zugemessenen Zeit und aus dem Grade der Intelligenz und Vorbildung, welcher in beiden Anstalten dem Alter der Schüler entsprechend vorauszusetzen war. Hiernach hatte ich meinen Unterricht zu bemessen. Ich hatte zu erwägen: was ist innerhalb der gegebenen Zeit bei den vorhandenen Geisteskräften zu erreichen? Zugleich war festzuhalten, daß nicht ein einzelner naturwissenschaftlicher Zweig, wie etwa nur Physik, zu kultiviren sei, sondern daß alle in gegenseitig angemessenem Verhältniß und zweckmäßiger Abstufung und Reihenfolge zu lehren seien.

Von ganz besonderem Vortheile erschien mir zur Lösung dieser Aufgabe die Zuziehung geeigneter Lehrbücher und ich richtete zunächst hierauf meine Bemühungen. Dieselben hatten nicht den erwarteten Erfolg. Denn obschon es an manch gutem Lehrbuche für einen und den andern Zweig keineswegs fehlte, so vermißte ich an den von verschiedenen Verfassern, meist nach sehr verschiedenen Zwecken und Richtungen bearbeiteten Lehrbüchern, wenn man sich dieselben zu einer naturwissenschaftlichen Bibliothek für den Schüler zusammengefaßt dachte, die angemessene gegenseitige Beschränkung und Berücksichtigung und insbesondere jene förderliche verbindende Planmäßigkeit und Einheit, welche überall den Zusammenhang herstellen, alle Erscheinungen und Kräfte der Natur zu einem Gesammtbilde gestalten und abrunden müssen.

Auch ergab es sich, daß die Anschaffung von Lehrbüchern über einzelne naturwissenschaftliche Zweige, also über Physik, Astronomie, Chemie, Mineralogie, Botanik und Zoologie im Ganzen genommen ziemlich theuer zu stehen kam. Noch kürzlich ist mir in dieser Beziehung ein Fall bekannt geworden, wonach die Kosten der betreffenden, für eine Realschule mittlern Ranges vorgeschlagenen Lehrbücher sich auf 10 bis 12 Gulden summirten. Die Einhaltung eines rücksichtsvollen Maßes in dieser Hinsicht erscheint aber geboten für Realschulen und höhere Bürgerschulen, welche von zahlreichen Schülern der minder bemittelten Klassen besucht werden; nicht weniger ist aber auch für Zöglinge eines Gymnasiums die gleiche Rücksicht zu nehmen, da für diese die Naturwissenschaften das accessorische Fach sind, dem nicht allzugroße Opfer gebracht werden können.

Erwägungen vorstehender Art erweckten in mir das Verlangen nach einem Lehrbuche der Gesammtnaturwissenschaften, nach einer kleinen Encyklopädie derselben, in der alle Zweige richtig bemessen und dargestellt sein sollten. Von einem solchen Buche versprach ich mir insbesondere noch den Vortheil, daß dem Lehrer und Schüler stets der Gesammtstoff zur Hand ist, daß ersterer leicht bei Abhandlung eines Gegenstandes auf Bezügliches in einem andern Theile hinweisen kann, während der Schüler im Stande ist, Lücken aus früherm Unterricht, Versäumnissen ꝛc. für sich zu ergänzen. Es sollte darum ein solches Werk nicht ein bloßer Abriß, ein Index von Thatsachen, Namen und Zahlen sein, sondern durch ansprechende Form, unterstützt von guten Illustrationen, den Schüler vorzüglich zur Selbstthätigkeit veranlassen, es sollte ein Schulbuch sein, das gern zur Hand genommen wird, auch dann, wenn nicht eine ertheilte Aufgabe dazu zwingt.

Ein glücklicher Zufall wollte, daß ich bei Gelegenheit der Naturforscherversammlung in Mainz 1842 mit Herrn Eduard Vieweg zusammentraf, mit welchem ich bis dahin schon als Mitarbeiter an Liebig's Handwörterbuch der Chemie in Verbindung gestanden hatte. Derselbe erfaßte aufs Lebhafteste den ihm dargelegten Plan zur Herausgabe eines im oben besprochenen Sinne gehaltenen Buches und wünschte dessen sofortige Ausführung. Es erschien mir jedoch nothwendig, an den Unterrichtsanstalten selbst erst bestimmte Erfahrungen zu sammeln über die Tragkraft der Schüler verschiedener Kategorien, sowie über das Verhältniß von Stoff und Zeit für den unterrichtenden Lehrer. Erst nachdem ich hierauf mehrere Jahre verwendet hatte, legte ich Hand ans Werk und im Jahre 1846 erschien in erster Ausgabe „das Buch der Natur".

Die ziemlich starke Auflage war nach drei Monaten vollständig vergriffen und eine steigende Nachfrage machte in rascher Folge wiederholte Abdrücke und neue Auflagen nöthig. Es gewährte mir dieses die erwünschte Gelegenheit, mehrfache Mängel des früheren Werkes zu verbessern. Es erschien in der That gewagt, daß ich für mich allein die Darstellung aller naturwissenschaftlichen Zweige übernommen hatte. Es konnte bei dieser Ausgedehntheit des Gebietes bei aller Anstrengung manche Unvollkommenheit nicht vermieden werden, und wenn das „Buch der Natur" in dieser Hinsicht einer sehr nachsichtsvollen Beurtheilung sich zu erfreuen hatte, so trug hierzu doch wohl das nach anderer Seite darin Gelungene und Brauchbare wesentlich bei. So war es z. B. unmöglich geworden, ohne allzulange Verzögerung gleich bei der ersten Ausgabe auch die Astronomie aufzunehmen — ein wesentlicher Mangel, dem erst bei der 1848 erfolgten dritten Auflage abgeholfen wurde.

Die rasche Verbreitung des Buches der Natur bestätigte, daß ich, wie Alexander von Humboldt darüber mir schrieb, „das Rechte getroffen habe" und daß die von Liebig am 17. April 1846 an mich gerichteten Worte: „es giebt kein schöneres und kein wohlfeileres Buch in keinem Lande der Welt, es wird ein großes Publicum finden —" eine richtige Voraussagung enthielten.

In der That beschränkte sich die Verbreitung des Buches keineswegs auf den von mir ursprünglich allein ins Auge gefaßten Schulgebrauch. Zuschriften aus den verschiedensten Richtungen und Schichten überzeugten mich, daß es auch anderwärts viele Freunde sich gewonnen hatte und frühere Schüler von mir berichteten mit Freude, wie sie in den entlegensten

Punkten fremder Welttheile ihrem ehemaligen Schulbuche wieder begegnet seien. Es zeigte sich dieses namentlich, als nach dem Erscheinen der dritten Auflage das „Buch der Natur" in fast alle neueren Sprachen, zum Theil in wiederholter Auflage, übertragen worden war.

Die gedrängte übersichtliche Darstellung der Naturwissenschaften in diesem Werke machte dasselbe willkommen bei so Vielen, die während ihrer Ausbildungszeit in jenen Gebieten gar keinen Unterricht genossen hatten oder die seit Jahren verhindert waren, den Fortschritten der Naturwissenschaften zu folgen, und es war mir erfreulich, zu erfahren, daß diesem Leserkreise auch viele Frauen angehören.

Eine besondere Benutzung fand endlich das „Buch der Natur" bei vielen Studirenden, welche sich auf allgemeine Vorexamina in den Naturwissenschaften vorzubereiten hatten, was in manchen Ländern für Mediciner, Cameralisten, Forstleute, Techniker u. a. m. vorgeschrieben ist.

Wesentlich trug jedoch zu diesen Erfolgen mit bei, daß mein Freund und Verleger, Herr Eduard Vieweg, alles aufbot, um dem Werke die vollkommenste technische und künstlerische Ausstattung zu geben, daß er dabei den Preis des Buches stets an der äußersten Gränze der Billigkeit hielt, um ihm die allgemeinste Zugänglichkeit zu erleichtern. Gerade dieses war es, was auch Liebig in seiner oben angeführten Zuschrift anerkennend hervorhob. Der Preis für die drei ersten Auflagen war 1 Thaler; er wurde in Folge der eingetretenen Vermehrungen auf 1½ Thaler erhöht und blieb für alle späteren Auflagen gleich.

So war denn bereits im Jahre 1857 die zehnte Auflage erschienen und in wiederholtem Abdrucke ausgegeben worden, als die Nothwendigkeit sich darstellte, bei nächster Veranlassung dem Buche der Natur eine eingreifende Umarbeitung und beträchtliche Vermehrung zu Theil werden zu lassen.

Hierzu bestimmte mich folgende Rücksicht: Die Verbreitung allgemein wissenschaftlicher Kenntnisse hat in den letzten zwanzig Jahren ungemein zugenommen. Nicht nur wirkten in dieser Richtung die Werke unserer größten Forscher anregend und fördernd, sondern es trugen hierzu auch eine Menge von Zeitschriften, Lehr- und Lesebüchern sowie Vorträge bei, welche den naturwissenschaftlichen Stoff verarbeiteten und dem Publicum boten. Selbst äußere Verhältnisse wirkten in diesem Sinne merklich mit ein. So erinnere ich mich, daß im Jahre 1844, als ich in Worms an der ersten Auflage des „Buches der Natur" arbeitete, in jener Stadt weder

eine Dampfmaschine, noch ein Telegraph, noch eine Gasfabrik sich befand, was alles mittlerweile dort wie an tausend anderen Orten eingerichtet worden ist. Nicht minder hat überall die Anzahl von Fabriken zugenommen, die theils die mechanische, theils die chemische Seite der Naturwissenschaft ausbeuten. Hiermit fällt zusammen die Errichtung vieler Realschulen und technischer Lehranstalten und aus den an all dieses sich knüpfenden Anschauungen und Anregungen ist offenbar ein größeres Gesammtwissen in naturwissenschaftlichen Dingen ins Publicum gedrungen. Mit der zunehmenden Verbreitung des Wissens ging aber eine Steigerung des Bedürfnisses und eine Erhöhung der Ansprüche an die Literatur Hand in Hand.

Diesem entsprechend sollte denn auch die vorliegende elfte Auflage vom Buch der Natur eine angemessene Steigerung des Gehaltes erfahren. Eine bloß corrigirende Durchsicht oder Umarbeitung erwies sich als ungenügend, eine Vermehrung des Inhaltes war durchaus nothwendig. Dieselbe ist dem neuen Werke durchgängig zu Theil geworden, so daß sein Umfang um die Hälfte vergrößert erscheint. Trotzdem leidet das „Buch der Natur" noch keineswegs an Dickleibigkeit und auch der entsprechend erhöhte Preis ist als ein äußerst billiger zu betrachten. Auch jetzt bin ich noch der Ansicht, daß es sich am vortheilhaftesten erweist, dem Schüler und dem Leser das ganze Buch in die Hand zu geben, das ihm ja die Einheit der Gesammtnatur repräsentiren soll.

Wenn sich nichtsdestoweniger der Herr Verleger entschlossen hat, auch eine Ausgabe in zwei Abtheilungen zu veranstalten, wovon die erste die Physik, Astronomie und Chemie, die zweite die Mineralogie, Botanik und Zoologie enthält, so geschieht dieses in Rücksicht auf mehrfach geäußerte Wünsche, indem mitunter besondere Verhältnisse es zweckmäßig erscheinen lassen, das Werk in getrennten Hälften anzuschaffen.

Im Uebrigen habe ich bei dieser sehr vermehrten und in einzelnen wichtigen Theilen ganz umgearbeiteten Ausgabe dieselben Gesichtspunkte festgehalten, die oben als die anfänglich leitenden bezeichnet worden sind. Das Buch soll auch ferner in Schulanstalten, sowie in dem Kreise gebildeter Leser, die sich mit der Natur bekannt machen wollen und endlich zur Vorbereitung in wissenschaftlichen Studienfächern dienlich und förderlich sich erweisen. Besonders möchte ich die wohlbestätigte Erfahrung hervorheben, daß durch das „Buch der Natur" nicht nur naturwissenschaftliche Kenntnisse im Allgemeinen verbreitet worden sind, sondern auch vielfach

praktisch-nützliches Wissen; daß es ferner Solchen als Vorschule sich empfohlen hat, welche größere und schwierigere naturwissenschaftliche Werke und Reisebeschreibungen zu lesen unternahmen.

Mein Bemühen, gerade für letztere Leserkreise zu wirken, ist in dieser neuesten Auflage durch den Herrn Verleger in ausgezeichneter Weise unterstützt worden, indem derselbe sämmtliche Illustrationen in den vorzüglichsten Stichen neu ausführen ließ.

In Hinsicht auf den Schulgebrauch möchte ich noch einige Worte aus den Vorreden der früheren Auflagen wiederholen. Ich habe dort den Lehrern volle Freiheit in Beziehung auf Reihenfolge der einzelnen naturwissenschaftlichen Fächer eingeräumt. Man wird in den wenigsten Fällen, wie es in dem „Buch der Natur" der Fall ist, mit der Physik beginnen und mit der Zoologie schließen. Ich selbst halte die nachstehende Reihenfolge ein: bei elfjährigen Schülern mache ich den Anfang mit Zoologie und lasse Botanik nachfolgen; im vierzehnten Jahre wird mit der Einleitung in die Physik begonnen, welcher in den folgenden Jahren die Astronomie und Chemie sich beigesellen; den Schluß bilden Mineralogie und Geologie. Es hat sich dieses der Entwickelung der Geistesfähigkeit und dem Fortschreiten in der Mathematik möglichst parallel gehende Verfahren recht erfolgreich bewiesen. Wenn in dem physikalischen und astronomischen Theile des „Buchs der Natur" eine mathematische Behandlung vermieden wurde, so hindert dies keineswegs, daß je nach Bedürfniß der Lehrer derartige Entwickelungen vornehmen kann, wozu überdies die gegenwärtig im Buchhandel vorhandenen Sammlungen physikalischer Aufgaben hinreichend Material bieten. Eine eigentlich analytische Behandlung der genannten Theile gehört höheren Lehranstalten an, wofür ganz andere literarische Hülfsmittel nothwendig sind.

Auch für die Zoologie und Botanik schien mir eine analytische, auf Fertigkeit im Bestimmen von Thieren und Pflanzen gerichtete Methode nicht wohl angewendet. Diese Fächer müssen, da später die Zeit fehlt, mit jüngeren Schülern betrieben werden, die erst noch des naturwissenschaftlichen Stoffes bedürfen und weniger Sinn für feine Distinctionen und systematische Eintheilung haben. Ich beginne im Unterricht bei Solchen sogleich mit der Beschreibung der Thierklassen von oben herab; lasse ebenso die der Pflanzen nach natürlichen Familien folgen. Abbildungen, Zeichnung, Erzählung u. s. w. dienen zur Belebung und Veranschaulichung des Lehrstoffes. Wo immer möglich, müssen wenigstens 100 wild-

wachsende Pflanzen der Umgegend von jedem Schüler eingelegt werden. Erst nachher komme ich auf den anatomischen und physiologischen Theil zurück; letzterer wird überdies nach Abhandlung der Physik und Chemie nochmals gründlich erörtert.

Hierin ändern äußere Umstände wohl Einiges; Schulanstalten an kleineren Orten mit weniger Schülern befinden sich hinsichtlich der eben genannten Fächer in einer besonders günstigen Lage; sie sind der Natur nahe gerückt und können Vieles mit Händen greifen, was städtische Schulen mit Klassen von 50 und mehr Schülern nicht so leicht zu erreichen vermögen. In letzteren sind feinere Demonstrationen schwierig, zeitraubend und darum oft unmöglich, und die auch in pädagogischer Beziehung so schätzbaren Excursionen werden durch manches Hemmniß beeinträchtigt.

So kann es an Orten von günstigen geologischen Verhältnissen zweckmäßig erscheinen, auch die Mineralogie voranzustellen, dieselbe nach der naturgeschichtlichen Methode zu betreiben und durch Anleitung zum Sammeln zu fördern. Wenn aber, was viel häufiger der Fall ist, ringsum und weithin Einförmigkeit der Formation herrscht und letztere überdies arm an Gliedern und Gesteinen ist, da halte ich die chemische Eintheilung und Betrachtungsweise der Mineralogie zweckdienlicher für den Unterricht. Jederzeit habe ich unter meinen Schülern Einzelne gefunden, begabt mit vorzüglichem Sinn für naturgeschichtlichen Stoff, mit besonderm Verständniß der Diagnose, sowie mit beharrlichem Sammeleifer. Selbstverständlich müssen solche Schüler durch literarische und sonstige Hülfsmittel möglichst unterstützt werden; sie sind eine besondere Freude für den Lehrer, der nach ihnen jedoch nicht ganze Klassen bemessen und behandeln darf.

Eine weitere Ausführung würde aber aus meiner Vorrede eine Abhandlung machen, und wenn ich mir erlaubt habe, über den Unterricht Einiges anzudeuten, so soll hiermit nicht die Richtschnur gezeigt, sondern die Freiheit und Selbstständigkeit hervorgehoben werden, mit der ein Jeder den in seinem Kreise gebotenen Verhältnissen gemäß wirken soll. Liebe und Hingebung machen dann allerwärts auch den rechten Lehrer!

Mainz, den 31. October 1859.

Dr. F. Schödler.

Vorrede
zum
ersten Theile der achtzehnten Auflage.

Nachdem im Jahre 1846 die erste Auflage vom Buch der Natur erschienen ist, feiert dasselbe mit der nunmehr dem Publicum übergebenen achtzehnten Auflage das „Fünfundzwanzigjährige Jubiläum“ seines Daseins!

Dasselbe hatte sich im Verlauf dieses Vierteljahrhunderts der stetigen und steigenden Gunst eines großen Publicums zu erfreuen. Hierin hat der Verfasser den triftigsten Grund zu erkennen, den Charakter des Buchs im Wesentlichen unverändert zu belassen. Wie nahe auch die Versuchung liegt, da und dort eine Ausdehnung oder eine erschöpfendere, insbesondere mathematische Behandlung eintreten zu lassen, so mahnt doch der bisherige Erfolg, treu zu bleiben der bisherigen Behandlung in Form und Umfang. Fehlt es ja nicht an zahlreichen, für ein anderes Bedürfniß geeigneten Lehrbüchern.

Allerdings würde mit den voranschreitenden Jahren die Alles alternde Zeit auch dem Buch der Natur ihre Spur aufgedrückt haben, wenn dem nicht durch eine mehrfach vorgenommene Verjüngung desselben begegnet worden wäre. Eine solche wurde namentlich bewirkt durch die elfte Auflage vom Jahre 1860, bei welcher Gelegenheit das Buch an Inhalt nahezu verdoppelt und in zwei Theile getheilt wurde. In der zugehörigen Vorrede sind die leitenden Gesichtspunkte des Verfassers niedergelegt, die auch heute noch gelten.

Die nachfolgenden Auflagen haben erhebliche Umänderungen nicht erfahren. Die nothwendigen Verbesserungen wurden als Zusätze anhangweise beigefügt. Es war dies eine Rücksicht auf den Schulgebrauch. Ein sachverständiger und wohlwollender Lehrer wird lieber einige Unvollkommenheiten des gebrauchten Lehrbuchs verbessern und ergänzen, als genöthigt zu sein, von Jahr zu Jahr neue Ausgaben desselben einzuführen.

Nach einer zehnjährigen in diesem Sinne eingehaltenen Periode war jedoch eine neue, eingehende Durchsicht und Bearbeitung des Buchs der Natur unerläßlich geworden. Denn nicht nur hatten sich viele neue Thatsachen im Gebiete der Naturwissenschaft angehäuft, sondern es waren auch neue Ideen zur Geltung gekommen, die mehr oder weniger umgestaltend auf ganze Gebiete derselben wirkend, in bloßen Zusätzen sich nicht abthun ließen. Am bedeutendsten sind solche in der theoretischen Chemie hervorgetreten, und bei dem Widerspruch, den dieselben bei Gegnern und eigenen Vertretern gefunden haben, erscheint es nicht leicht, in einem Buch, das den Wissenschaften nur eine elementare Behandlung angedeihen lassen kann, den rechten Standpunkt einzunehmen. Dem Verfasser erschien das allein Richtige, hierin lediglich den Thatsachen Rechnung zu tragen. Die ältere theoretische Anschauungsweise in der Chemie, mit ihrer entsprechenden Darstellungsweise in Formeln, deren sich heutigen Tages nicht wenige der ersten Gelehrten dieses Faches noch bedienen und die in der ganzen frühern Literatur dieses Faches niedergelegt ist, — kann hier ebensowenig ignorirt werden, als die neuere, auf der Valenz der Atome begründete Lehre, die in den typischen Formeln ihren Ausdruck findet. Die Vortheile des Fortschritts ersparen uns niemals die Schwierigkeiten des Uebergangs; wir müssen sie mit hinnehmen. Mit der Einführung des Metermaßes können wir nicht sofort das Fußmaß ignoriren, ohne rückwärts allen Zusammenhang, alles Verständniß zu verlieren.

Ist es dem Verfasser vergönnt, daß er, gleichwie Chidher, nach ... Jahren „aber desselbigen Weges gefahren" kommt, dann wird es vielleicht unzweifelhaft entschieden sein, welche chemische Sprache zu reden und durch welche Zeichen sie auszudrücken ist.

Mainz, am denkwürdigen Tage der Unterzeichnung des Friedens zu Versailles, den 2. März 1871.

Friedrich Schödler.

Inhalt.

Physik.

Astronomie.

Chemie.



liegt seit Jahrtausenden aufgeschlagen vor dem Blicke des Menschen. Es ist in großen und herrlichen Zügen geschrieben, es enthält das Wunderbare und das Nützliche, und neben dem Glänzenden hat auch das Unscheinbare seine Bedeutung und seine Stelle.

Zu allen Zeiten und aller Orten hat der Mensch die Sprache der Natur zu verstehen gesucht. Tausende haben dieselbe deshalb nicht nur flüchtig und obenhin, sondern mit Ernst und Tiefe betrachtet, und die ersten Geister der Menschheit waren bemüht, den Inhalt dieses Werkes verständlich und zugänglich zu machen.

Und dennoch war der Erfolg dieses Strebens nur unvollständig, dennoch sind in diesem Buche noch viele Zeichen und Seiten, die wir nicht verstehen, die uns dunkel erscheinen und deren Zusammenhang mit anderen wir nur zu ahnen oder zu vermuthen vermögen. Aber so wie bei einer alten Inschrift der Inhalt hervortritt, wenn es gelingt, nach und nach die einzelnen Zeichen zu erkennen, so gelangte die Menschheit Schritt vor Schritt weiter im Verständnisse der Natur.

Wie früh auch die Menschen der Naturbetrachtung sich zuwendeten, so geschah dies doch nicht immer mit gleicher Aufmerksamkeit. Ein so geheimnißvolles und wunderreiches Werk erfordert die Ruhe und Gelassenheit des Lesers. Aber diese finden wir selten, wenn wir zur Geschichte der Völker früherer Zeiten hinaufsteigen. Da war so Vieles erst zu erwerben und einzurichten, daß nur selten Einzelne Zeit gewannen, einen flüchtigen Blick der Natur zuzuwerfen.

Da mußten vor Allem Staaten gegründet, geordnet und gesichert werden, und kaum fingen diese, meist nach unzähligen Kriegen und anderen Mühsalen, an, sich zu erholen und zu befestigen, so war es das Dringendste, sich mit dem Gesetze zu beschäftigen, das Recht und Eigenthum begründet, und dem Bedürfnisse des religiösen Gefühles Genüge zu leisten, wozu hülfreich die heiteren Künste mitwirkten.

Daher begegnen wir durchgehends der Religion und den bildenden Künsten als den ersten Keimen des aufsprießenden Culturlebens der Völker, woran sich Kriegskunst und die Wissenschaften vom Staat und vom Recht reihen, und bei weitem früher und vollständiger ausgebildet auftreten, als die Wissenschaft von der Natur.

Verfolgen wir nun den von der letzteren zurückgelegten Weg.

Aelteste Zeit.

Die ältesten Völker begnügten sich damit, die Natur zu benutzen und zu genießen, ohne sie näher zu erforschen. Dieselben hatten noch Alles zu erlernen und so sehen wir bei ihnen zunächst nur Jagd, Fischfang und später auch Viehzucht und Ackerbau als die einfachsten Gewerbe, die des Menschen Bedürfniß nach Nahrung und Bekleidung befriedigen. Doch beobachteten sie, gerade wegen ihres beständigen Verkehrs mit der Natur, Manches gelegentlich und sammelten Erfahrungen, die ihren Nachfolgern nützlich wurden.

Die Chinesen und Aegypter, die schon frühe ziemlich festgeordnete Staaten bildeten, sind die Ersten, bei welchen eine große Anzahl von Künsten und mehrere Einrichtungen angetroffen werden, welche darauf hindeuten, daß sie in vertrauterem Verkehr mit der Natur standen. Doch hatten beide Völker aus jenem Buche nur einzelne Worte und Stellen aufgefaßt. Der innere Zusammenhang ihrer Erscheinungen, das Verständniß selbst der weniger dunkelen Stellen blieb ihnen verschlossen.

Mittlere Zeit.

Die Griechen, das gebildetste Volk des Alterthums, lebten inmitten einer herrlichen Natur, die ihnen reichlich die Bedürfnisse des Lebens lieferte. Sie waren deshalb weniger genöthigt, durch Arbeit und Forschung der Natur ihre Schätze abzuringen, und drangen daher weniger tief in dieselbe ein, als man

hätte erwarten sollen. Da wir im Uebrigen die Griechen in manchen Gewerben und Künsten geschickt sehen, so hätte wohl von diesen eine Anregung zur Naturforschung ausgehen können. Sehen wir doch, wie noch in neuerer Zeit gar manche werthvolle Beobachtung und Entdeckung aus der Werkstätte ins Bereich der Wissenschaft emporgestiegen ist. Allein alles, was Arbeit oder Gewerbe heißt, geschah bei den Griechen ausschließlich durch die Hände von Sklaven und des ungebildeten Theiles der Bevölkerung. Die Aufmerksamkeit der Hochgebildeten für die Erzeugnisse dieser Arbeit und ihre Theilnahme daran beschränkte sich auf die künstlerische Ausführung derselben, welche dem entwickelten Schönheitssinn dieses Volkes entsprechen mußte.

Um so reicher und fruchtbarer entfaltete sich die ganze geistige Kraft des gebildeten Griechen nach einer Richtung, die mühsamer Versuche und Geduld erschöpfender Arbeiten nicht bedurfte. Philosophie und Mathematik, Staatswissenschaft und die mit beiden verbundene Redekunst, Dichtkunst und die schönen Künste finden wir im alten Griechenland in der That bereits auf einer heute theilweise nicht übertroffenen Höhe der Ausbildung.

Unverhältnißmäßig stehen dagegen die Naturwissenschaften zurück, von welchen die Griechen nur in der äußerlich beschreibenden Naturgeschichte, sowie in der Astronomie und Mechanik, insoweit dieselben mit einfachen Hülfsmitteln betrieben werden konnten, werthvolle Leistungen auf uns vererbt haben.

Das mächtige Volk der Römer wollte nur erobern und herrschen. Kriege führen und den Unterjochten Gesetze vorschreiben, war ihre Hauptbeschäftigung, und es entwickelte sich bei ihnen niemals jener Sinn für die Wissenschaften, der dieselben mit Liebe und Ruhe hegt und pflegt. Und so sehen wir, daß dieses Volk, welches alle Reiche sich unterwarf, nicht in das Reich der Natur zu dringen vermochte, und während es allen Völkern Gesetze vorschrieb, hatte es keine Ahnung von den ewigen unwandelbaren Gesetzen, welche in der Natur über den vergänglichen des Menschen walten.

Nach dem Verfall des großen Römerreichs trat für Europa eine sturmbewegte Zeit ein. Ungeheure Völkerschaaren verließen ihre Heimath, und neue Wohnsitze suchend, brachten sie Krieg und Verwirrung überall hin, wo ihr Zug wie ein vernichtender Strom sich ergoß. Da erblühten keine Künste, und die Wissenschaft wanderte aus und suchte in den ruhigeren Ländern Asiens eine günstigere Stätte. Dort wurde Vieles erhalten, gepflegt und weiter gebildet, während Europa von wilden Kämpfen zerrissen wurde, und viele werthvolle Kenntnisse aus dem Bereiche der Natur wurden uns dorther wieder durch die Kreuzzüge und die Araber zurückgebracht.

Neuere Zeit.

Allmälig gestalteten sich jedoch in Europa die Verhältnisse günstiger. Das durch Märtyrerkämpfe erstarkte Christenthum vereinigte die Völker gegen das Anstürmen fremder Barbaren, das deutsche Kaiserreich erhob sich glorreich und mächtig und gewährte Schutz und Schirm. Und wenn auch jetzt noch Kriege und Züge häufig waren, so sehen wir doch, daß innerhalb der stillen Klöster und der Ringmauern mächtiger Städte Wissenschaft und Kunst, Handel und Gewerbe eine Zuflucht gefunden hatten und rasch emporblühten. Die Menschen wohnten jetzt dichter beisammen, ihre Bedürfnisse vermehrten sich, und schon aus diesem Grunde wendete man der Natur eine größere Aufmerksamkeit zu und sann auf Mittel, in reicherem Maaße ihre Schätze abzugewinnen. Noch andere Ursachen wirkten mit zur Beförderung der Naturwissenschaft. Die Erfindung der Buchdruckerkunst machte es leicht, jeden Gedanken, jede Erfahrung und Beobachtung festzuhalten und überall hin zu verbreiten, und die Entdeckung Amerikas, welche den erstaunten Europäern eine Menge neuer und merkwürdiger Gegenstände zu Gesicht brachte, reizte nicht nur die Neugierde, sondern auch die Lust nach genauerer Forschung. Außerdem aber waren in Italien, Frankreich, Deutschland und England nach und nach gelehrte Schulen und Universitäten entstanden, Stätten, an welchen alle Wissenschaften durch die ausgezeichnetsten Männer ihrer Zeit gepflegt wurden. Die Erforschung der Natur wurde bis dahin vorzugsweise von den Aerzten gefördert, denn diese waren ihres Zweckes willen schon in den frühesten Zeiten auf das Ergründen der Natur hingewiesen.

Von nun an war kein Rückgang oder auch nur Stillstand der Wissenschaften mehr möglich. Ein jedes Jahr vermehrte den Schatz der vorhandenen Kenntnisse; Entdeckungen und Erfindungen folgten rasch auf einander, und während früher Viele das Studium der Natur nur in der Absicht unternommen hatten, Nutzen und Gewinn daraus zu ziehen, beschäftigten sich jetzt Tausende damit, weil sie im Lesen dieses wunderbaren Buches eine Quelle der reinsten und schönsten Freuden erkannten.

Neueste Zeit.

So nähern wir uns der Gegenwart. Ausgerüstet mit allen Erfahrungen der Vorzeit, gesegnet durch langjährigen Frieden war sie den Wissenschaften günstiger als jede frühere Zeit, denn zwischen den gebildetsten Völkern Europas,

den Deutschen, Engländern und Franzosen, erhob sich ein reger Wetteifer in Wissenschaft, Kunst und Gewerbe.

Vorzüglich aber war es die Natur, welcher viele der hervorragendsten Geister sich zuwandten. Man erkannte lebhaft die hohe Bedeutung der Naturforschung für Philosophie, Medicin, für Wald- und Landbau, für die Künste und Gewerbe. Das Zusammenwirken so günstiger Umstände und so zahlreicher Kräfte hatte riesenhafte Fortschritte zur Folge.

In Deutschland zuerst bildete sich ein allgemeiner Verein der Naturforscher, jedes Jahr all' Diejenigen an einem Orte versammelnd, welche mit Liebe, mit Begeisterung der Natur huldigen. Von den Nachbarstaaten und von den fernsten Theilen der Erde strömten Gleichbeseelte herbei, und ein Austausch des Wissens und der Gedanken wirkte belebend weiter.

Denn die Wissenschaft hat keine Geheimnisse mehr, die sie ängstlich und neidisch verbirgt, sondern frei und freudig sprudelt ihre Quelle für Jeden, der mit dem edlen Durst des Wissens ihr naht, und gleichwie nach der Meinung der Alten dem Menschen mit jeder neuen Sprache, die er erlernt, eine neue Seele entsteht, so erwächst ihm mit jedem neuen Zweige der Naturwissenschaft ein neuer Sinn.

Daher sei mit den Worten Göthe's:

> „So spricht die Natur zu bekannten, verkannten, unbe-
> „kannten Sinnen, so spricht sie mit sich selbst und zu uns
> „durch tausend Erscheinungen; dem Aufmerksamen bleibt
> „sie nirgends todt, noch stumm —"

der deutschen Jugend empfohlen:

»Das Buch der Natur.«

der Fremden, Engländern und [illegible] sich [illegible] in [illegible], Musik und Gemälde.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Dies [illegible]:

„Er [illegible] unbe- kannter Wesen, [illegible] durch [illegible] [illegible]"

bei [illegible] Augen vorüber.

Das Buch der Natur.

Einleitung.

1.

Natur nennen wir den Inbegriff oder die Gesammtheit Alles Dessen, was durch die Sinne wahrgenommen werden kann.

Wir fühlen Dasjenige, was unsere Haut berührt, wir sehen, was in der Nähe und Ferne dem Auge sich darbietet, wir hören mannigfache Töne um uns her, wir riechen den Duft der Blumen und schmecken die Eigenthümlichkeit verschiedener Speisen und Getränke.

Die Sinne sind daher die eigentlichen Vermittler zwischen Geist und Natur. Sie allein geben dem Geiste Nachricht von dem Vorhandensein Desjenigen, welches außer ihm sich befindet, so daß er nur durch die Sinne zum Bewußtsein einer Außenwelt gelangen kann.

Es ist unmöglich, daß der Geist sich die Vorstellung irgend eines Theils der Natur bildet, der ihm sinnlich nicht darstellbar ist. Der Blinde z. B. kann zwar durch das Tasten die Form der Dinge zu seinem Bewußtsein bringen, aber er wird nicht die geringste Vorstellung von den verschiedenen Farben haben. Es ist auch nicht möglich, ihm diese durch die Beschreibung zu verleihen. Man kann das Blau, das Roth eben so wenig beschreiben, als einen Ton oder einen Geschmack.

Wenn daher der Geist in der Erkenntniß der Natur voranschreiten soll, so ist er vor Allem darauf angewiesen, sie durch die Sinne zu betrachten; er muß gleichsam seine Diener aussenden in das ihm unbekannte Reich, und nach deren Berichten seine Vorstellungen bilden. Vergeblich wird selbst der größte menschliche Geist es versuchen, das Wesen der Natur im Ganzen oder im Einzelnen rein auf dem Wege des Denkens zu ergründen und zu erklären. Immerhin wird er auf die sinnliche Wahrnehmung zurückgewiesen werden und die Geschichte zeigt, daß gerade Diejenigen, welche, jenen Führer verachtend, allzu kühn aus dem Geiste allein die Natur erfassen wollten, am weitesten sich verirrten.

2.

Indem wir also mit Recht der sinnlichen Wahrnehmung einen hohen Werth für die Erkenntniß der Natur beilegen, so reicht sie allein hierfür doch nicht aus. Das Kind und der Blödsinnige sind eben sowohl als der Wilde sinnlichen Eindrücken unterworfen. Allein sehr gering wird bei diesen das Verständniß der Natur sein, denn es fehlt ihnen der gehörig entwickelte Geist, welcher das Wahrgenommene richtig auffaßt, zum Bewußtsein bringt, ordnet und vergleicht. Der Geist allein kann den Zusammenhang der verschiedensten Wahrnehmungen erkennen und so durch die Sinne geleitet zur tieferen Einsicht in die Natur gelangen.

Das aufmerksame Betrachten der Natur nennen wir Beobachten, und das Beobachten mit dem Zweck der Erkenntniß heißt Forschen. Wenn wir selbstthätig gewisse Bedingungen erfüllen, um irgend eine Wahrnehmung genauer beobachten oder wiederholen zu können, so nennt man dies einen Versuch oder ein Experiment.

3.

Die Natur offenbart sich in Gegenständen und in Erscheinungen.

Gegenstände oder Objecte sind alle jene greifbaren, körperlichen Dinge, welchen wir begegnen, wie Steine, Pflanzen und Thiere. Dieselben fesseln schon an und für sich durch ihr Vorhandensein, durch ihre Ausdehnung und Form unsere Aufmerksamkeit, sie fordern uns zu näherer Betrachtung und Unterscheidung derselben auf. Als körperliche Massen erfüllen sie den Raum und dienen zum Vergleichen und Messen desselben.

Fassen wir einen Gegenstand näher ins Auge, so stellt er nicht immer in völlig gleicher Weise sich dar. Gewisse Veränderungen machen sich bemerkbar; bald finden wir, daß er entweder seine Stelle verändert hat, oder seine Form oder Farbe, kurz, es treten an den Gegenständen fortwährend die Erscheinungen oder Phänomene auf, welche für uns nicht minder wichtig werden. Sie sind es, die durch ihre Dauer, Reihenfolge und Wiederkehr die Zeit erfüllen und abtheilen.

4.

Fragen wir nach dem Grunde der Erscheinungen, so läßt sich die Antwort am besten durch das folgende Beispiel ertheilen:

Auf der Erde liege ein Stein. Ich ergreife denselben und hebe ihn in die Höhe. Offenbar verändert hierdurch der Stein seine Stelle, wir sehen, daß er eine Bewegung macht. Der Stein ist Gegenstand, die Bewegung ist Erscheinung.

Was war zunächst der Grund oder die Veranlassung dieser Bewegungserscheinung?

Niemand wird darüber in Zweifel sein. Es war in diesem Falle mein eigener Wille, meine eigene Thätigkeit, die durch das Ergreifen und Aufheben des Steines denselben in Bewegung setzte und aus seiner Stelle brachte.

Aber was geschieht, wenn ich jetzt den aufgehobenen Stein sich selbst überlasse, indem ich meine Hand öffne? Bleibt der Stein da, wo er sich eben befindet?

Keineswegs — er bleibt nicht in der Luft schwebend, sondern in dem Augenblicke, wo ich meine Hand von ihm abziehe, fällt er zur Erde.

Wir haben hier abermals eine Erscheinung der Bewegung und zwar ist diese ganz unabhängig von unserem Willen. Denn wenn wir auch in dem Augenblicke, wo der Stein sich selbst überlassen wird, den entschiedensten Willen aussprechen, daß derselbe an der Stelle, die er einnimmt, verbleiben möchte, so wird er nichtsdestoweniger nach der Erde fallen, und dieselbe Erscheinung wiederholt sich, so oft wir in gleicher Weise verfahren.

Wie die Erfahrung lehrt, ist es hierbei gleichgültig, wie hoch wir den Stein in die Höhe heben, ja die meisten übrigen Gegenstände zeigen unter gleichen Umständen dieselbe Erscheinung.

Nothwendiger Weise muß also eine Ursache vorhanden sein, welche bei den verschiedensten Gegenständen gleichmäßig die Erscheinung des Fallens hervorbringt, eine Ursache, die gänzlich außer dem Willen des Menschen liegt, die in unsichtbarer Weise mit einem jeden Gegenstande verknüpft ist und zum Wesen desselben gehört.

Eine solche von dem menschlichen Willen unabhängige Ursache einer Erscheinung nennen wir Kraft oder Naturkraft. So z. B. wird die Kraft, welche wir als die Ursache des Fallens der Körper ansehen, Anziehung oder Schwerkraft genannt.

Da es nun eine große Anzahl sehr verschiedener Erscheinungen giebt, so könnte man wohl der Meinung sein, daß beständig eine große Anzahl verschiedener Kräfte zur Hervorbringung derselben thätig sei.

Dies ist jedoch nicht der Fall. Aufmerksame Beobachtung hat gelehrt, daß eine und dieselbe Kraft eine Menge der verschiedenartigsten Erscheinungen hervorbringen kann. Es ist wahrscheinlich, daß im Ganzen genommen nur einige wenige der letzten Ursachen oder Kräfte vorhanden sind, welche alle Erscheinungen um uns her veranlassen.

Bei der Beobachtung der Natur haben wir also zunächst die sich uns darstellenden Gegenstände ins Auge zu fassen, sowie die an denselben sich offenbarenden Erscheinungen. Dann aber haben wir auch über die Ursachen oder Kräfte Rechenschaft zu geben, welche jene Erscheinungen hervorrufen.

Die Gesammtheit dieses Wissens und Erkennens nennen wir **Naturkunde** oder **Naturwissenschaft**.

5.

Betrachten wir nun die Natur!

Wir machen zu diesem Zwecke am besten einen Spaziergang und beachten wohl, was unseren Sinnen sich darstellt. Sogleich erblicken wir die mannigfaltigsten Gegenstände. Flur und Trift sind mit Gras und Kräutern bedeckt und über die Hügel dehnt sich der mit Gesträuch und Bäumen erfüllte Wald, zu dessen Fuße im Thale der Fluß erglänzt, während hoch in den Lüften die Wolken dahinziehen. Auch ist nirgends Ruhe und Stillstand, die Blätter und Zweige wehen und rauschen, die Wellen wirbeln und kräuseln, und überall finden wir die verschiedensten Thiergestalten in lebendigem Regen und Treiben.

Welche Menge von Gegenständen, welche Mannigfaltigkeit der Erscheinungen! Wo beginnen wir unsere Forschung, wie halten wir das Einzelne fest in der allgemeinen Bewegung?

In der That, die Menge verwirrt — leicht verliert man den Muth, sich zurecht zu finden und wenig belehrt kehrt man nach Hause zurück.

Aber auch hier, innerhalb unserer vier Wände, wie mancherlei drängt sich da der Beobachtung auf. Die aus dem Ofen strahlende Wärme, das Verschwinden des vom Feuer verzehrten Holzes, das Geräusch des siedenden Wassers, alles dies sind Erscheinungen, die unsere Aufmerksamkeit erregen. Welch auffallendes Verhalten zeigt uns ferner verschiedenes in dem Zimmer befindliches Glas! Während die Fensterscheiben den unveränderten Anblick der Gegenstände außerhalb gewähren, zeigt uns eine Brille jeden durch dieselbe betrachteten Gegenstand vergrößert, und aus dem Spiegel tritt uns ein getreues Abbild der eigenen Person entgegen.

Dies sind freilich Dinge, die wir tagtäglich sehen, die Jedermann weiß; aber fragen wir uns nach den näheren Ursachen solcher Erscheinungen, so sind diese nicht leicht auf den ersten Blick zu entdecken.

Also an Stoff, an Gegenständen des Forschens fehlt es uns nie und nirgends. Es kommt nur darauf an, zu zeigen, wie wir es anfangen müssen, die Masse desselben zu überschauen und zu beherrschen. Alles auf einmal erfassen zu wollen, wäre unmöglich. Daher nehmen wir das Eine nach dem Anderen und verständigen uns über die Reihenfolge.

6.

So sehen wir uns zu dem Bedürfniß einer **Eintheilung** des ganzen Gebietes der Naturwissenschaft hingeführt. Diese ergiebt sich leicht aus dem

Inhalte derselben, wenn man nur nicht Alles zu streng scheiden will, denn im Bereiche der Natur ist stets das Eine in mehr oder minder innigem Zusammenhange mit dem Anderen.

Es ist aber schwierig, Demjenigen, der den Inhalt der Naturwissenschaften gar nicht oder noch unvollkommen kennt, eine Eintheilung derselben vor Augen zu stellen, denn Jeder kann nur über Dasjenige einen klaren Ueberblick haben, was er genauer auch im Einzelnen kennt.

Wenn wir hier nichtsdestoweniger den Versuch machen, das große Land in verschiedene Gebiete zu sondern, so geschieht dies hauptsächlich, um den Weg anzudeuten, welchen wir beim Durchwandern desselben zu verfolgen gedenken.

Wir haben schon früher gesehen, daß die Natur theils in Gegenständen, theils in Erscheinungen sich offenbart, und hiernach theilt sich die Gesammtwissenschaft nach zwei Hauptrichtungen in die Wissenschaften der Gegenstände und in die der Erscheinungen.

7.

Als Wissenschaften der Gegenstände ergeben sich nach Art der von ihr betrachteten Gegenstände drei verschiedene Fächer, die zusammen auch unter dem Namen der Naturgeschichte begriffen werden. Wie diese sich herausstellen, läßt sich am deutlichsten an Beispielen erläutern.

Von den Tausenden der Gegenstände, die uns umgeben, wähle ich vorerst Stücke von Sandstein, Kreide und Granit, ferner Stücke von Schwefel, Steinkohle, gewöhnlichem Töpferthon und weißem Pfeifenthon.

Diese Gegenstände sind unter einander sehr verschieden, allein sie zeigen dennoch eine wesentliche Uebereinstimmung darin, daß ein jeder derselben gleichartig in seiner ganzen Masse ist.

Brechen wir von dem Stücke des Sandsteins, der Kreide oder der Steinkohle ein kleines Stück ab, so haben wir in letzterem denselben Sandstein, dieselbe Kreide und Steinkohle, nur ist das Stück ein kleineres. Ich kann daher Jemandem die wesentlichen Eigenschaften eines dieser Körper ebenso gut an einem kleinen Stücke nachweisen, als wenn ich ihm große Massen derselben vorlege.

An keinem dieser Gegenstände bemerken wir irgend einen Theil, der von dem anderen wesentliche Verschiedenheit zeigt, und wir können daher auch nicht annehmen, daß ein Theilchen für das Bestehen eines Stückes Sandsteins nothwendiger ist als das andere, daß ein Theilchen desselben einen besonderen Zweck oder eine andere Bestimmung habe, als das andere. Das feinste Stäubchen der Kreide, welches an meinem Finger hängen bleibt, ist ebenso gut ein Stück Kreide, als die Masse von Kreide, die ein Gebirgslager erfüllt.

Selbst der Granit, der allerdings aus verschiedenen Stoffen gemengt erscheint, bildet nur eine scheinbare Ausnahme, denn im Ganzen betrachtet ist er etwas Gleichartiges. Wie nämlich später erläutert wird, nennt man Granit ein gleichartiges Gemenge von Quarz, Glimmer und Feldspath, gleichgültig, ob seine Masse etwa nur die Größe eines Kirschkerns oder die jenes ungeheuren Blockes hat, auf welchem das Standbild Peter des Großen ruht.

Es giebt also Gegenstände, welche in ihrer Masse gleichartig sind und an welchen sich keine besonders gebildete Theile für besondere Zwecke unterscheiden lassen. Wir nennen dieselben: **Minerale**, und den Theil der Naturwissenschaft, der sich mit denselben befaßt: **Mineralogie.**

Wie ganz auf andere Weise verhält es sich dagegen, wenn ich einen Baum oder eine Staude der Betrachtung unterwerfe, oder auch nur eine Blüthe, ein Blatt oder eine Wurzel. Wie verschieden sind da die einzelnen Theile an Gestalt, Farbe und Dichtigkeit. Leicht läßt sich erkennen, daß die besonders gestalteten Theile eines Baumes auch besondere Zwecke und Bestimmungen haben, denn man nehme demselben seine Wurzel oder seine Rinde oder Blätter, und bald sehen wir, daß es um das Bestehen des Baumes geschehen ist.

Noch auffallender aber ist das, was wir im Innern der Wurzel, Rinde und Blätter eines Baumes bei aufmerksamer Betrachtung, namentlich mit Hülfe des Vergrößerungsglases, wahrnehmen. Wir sehen, daß darin Säfte in Bewegung sind, die auf- und absteigen, daß Flüssigkeiten aus denselben verdunsten oder von denselben aufgenommen werden. Nur von außen bemerken wir an Bäumen, Sträuchern und Halmen keine Bewegung, die von diesen selbst ausgeht oder veranlaßt wird. Der Wind schüttelt oder beugt zwar die Aeste und Wipfel der Eiche, die aber von selbst nicht ein Blättchen zu regen im Stande ist. Der Wind und der Säemann streuen den Samen über das Land; der Halm aber steht für sich selbst unverrückbar an der Stelle, wo er wurzelte.

Gegenstände mit besonders gestalteten, zu besonderen Zwecken bestimmten Theilen ohne freiwillige Bewegung nennen wir: **Pflanzen**, und die Wissenschaft von denselben: Pflanzenkunde oder **Botanik.**

Aber es giebt noch Gegenstände in Menge, die ebenso wenig ihrer ganzen Masse nach gleichartig sind wie die Pflanzen, die gleich diesen mit besonders gestalteten Theilen ausgestattet sind, welchen besondere Verrichtungen obliegen, in deren Innerem eigenthümliche Bewegungen stattfinden und die wir dennoch nicht zu den Pflanzen zählen.

Sie unterscheiden sich von diesen dadurch, daß sie einer freien, äußeren Bewegung fähig sind, wodurch sie nicht allein die Lage und Stellung ihrer ein-

zelnen Theile verändern können, sondern auch im Stande sind, sich von einem Orte nach dem anderen zu begeben, ihre Stelle zu wechseln.

Gegenstände mit besonders gebildeten, zu besonderen Verrichtungen dienenden Theilen, die freiwilliger Bewegung fähig sind, heißen **Thiere**, und die Wissenschaft von denselben wird Thierkunde oder **Zoologie** genannt.

Sämmtliche Gegenstände sind demnach entweder gleichartig, wie die Minerale, oder ungleichartig, wie die Pflanzen und Thiere. Die letzteren haben besonders gebildete, zu gewissen Verrichtungen dienende Theile, welche Organe heißen, sie sind organisirt. Die Gesammtthätigkeit aller Organe einer Pflanze oder eines Thieres nennen wir Leben, daher denn auch Pflanzen und Thiere als belebte Gegenstände bezeichnet werden, im Gegensatze zu den unbelebten Mineralen.

8.

Auch die Wissenschaften der Erscheinungen unterscheiden sich in mehrere Fächer. Die Beobachtung zeigt, daß alle Naturerscheinungen drei Hauptgruppen bilden, jede mit besonderer Eigenthümlichkeit, welche wir durch Beispiele erläutern.

Gesetzt, ich schlage mit dem Hammer an eine Glocke, so vernehme ich einen Schall. Dasselbe findet beim Anstreichen an eine gespannte Saite mit dem Bogen Statt. Ein linsenförmig geschliffenes Glas zeigt mir eine Vergrößerung eines jeden durch dasselbe betrachteten Gegenstandes, und mit derselben Glaslinse können wir Sonnenstrahlen auffangen, sie in einem Punkte sammeln und dadurch brennbare Körper entzünden. An jedem aufgehobenen und sich selbst überlassenen Gegenstande sehen wir die Erscheinung des Falles; mit der stark gespannten Senne des Bogens ertheilen wir dem Pfeile eine Bewegung von großer Geschwindigkeit; Wasser, welches wir erwärmen, verwandelt sich in Dampf, und wenn dieser abgekühlt wird, so geht er wieder in Wasser über.

Wir haben hier also sehr verschiedene Erscheinungen, nämlich: den Schall, die Vergrößerung, die Entzündung, den Fall, die Bewegung und die Dampfbildung.

So verschieden auch diese Erscheinungen sind, so haben sie doch alle Etwas gemeinschaftlich, was darin besteht, daß sämmtliche Gegenstände, an welchen diese Erscheinungen wahrgenommen werden, oder vermittels deren wir dieselben hervorrufen, keine wesentliche Veränderung erleiden.

Die tönende Glocke und Saite, das Brennglas, der fallende Stein, die Senne des Bogens, sie alle bleiben unverändert. Ja selbst das Wasser, welches beim Erwärmen Dampfgestalt annimmt, kehrt wieder in seinen vorigen Zustand

zurück, sobald der Dampf abgekühlt wird, ohne daß seine Eigenschaften auch nur die mindeste Veränderung erlitten haben.

Ebenso sind für uns die Himmelskörper an sich und ihre Bewegungen Erscheinungen, die von keiner nachweisbaren Veränderung derselben begleitet sind, weshalb sie den oben genannten Erscheinungen anzureihen sind.

Erscheinungen ohne wesentliche Veränderung der dabei betheiligten Gegenstände heißen **physikalische** Erscheinungen und die Wissenschaft von denselben wird **Physik** genannt.

Ganz anders verhält es sich aber mit einer Reihe von Erscheinungen, die wir jetzt betrachten werden.

Wenn ich eine Kohle, ein Stück Holz oder Schwefel verbrenne, so verschwinden Kohle, Holz und Schwefel für unser Auge vollständig. Sie gehen in einen Zustand über, in welchem sie ihre vorherigen Eigenschaften gänzlich verloren haben. Wenn Sand und Pottasche mit einander anhaltend und heftig geglüht werden, so schmelzen beide zu Glas zusammen, in welchem gewiß Niemand jene beiden Körper zu erkennen vermag. Noch auffallender ist es, wenn Schwefel und Quecksilber mit einander erwärmt werden. Beide verschwinden für das Auge vollständig und an der Stelle des gelben Schwefels und des silberglänzenden Quecksilbers erhält man den lebhaft rothen Zinnober. Und solcher Beispiele giebt es noch Tausende, wo stets die Gegenstände, welche wir zur Hervorbringung von Erscheinungen verwenden, eine wesentliche Veränderung erfahren, und wo an deren Stelle Gegenstände mit ganz anderen Eigenschaften auftreten.

Erscheinungen mit wesentlicher Veränderung der dabei verwendeten Gegenstände heißen **chemische** Erscheinungen und die Wissenschaft von denselben wird **Chemie** genannt.

Endlich haben wir noch eine dritte Gruppe eigenthümlicher Erscheinungen, die Lebenserscheinungen heißen, da sie nur an belebten Gegenständen, also an Pflanzen und Thieren, vorgehen. Solche sind z. B. das Wachsen derselben, die Bewegung der verschiedenen Flüssigkeiten im Innern derselben, die Aufnahme und die Verwendung der Nahrungsmittel rc.

Diese Erscheinungen an belebten Gegenständen heißen **physiologische** Erscheinungen und die Wissenschaft von denselben wird **Physiologie** genannt.

Fassen wir nun alle in dem Vorhergehenden bezeichneten einzelnen Theile der Gesammtnaturwissenschaft kurz zusammen, so erhalten wir die folgende Uebersicht derselben:

A. Wissenschaft der Erscheinungen,			B. Wissenschaft der Gegenstände,		
1. ohne Veränderung der Gegenstände,	2. mit Veränderung der Gegenstände,	3. an belebten Gegenständen,	4. die gleichartig in ihrer Masse sind,	5. die ungleichartig in ihrer Masse und ohne freiwillige Bewegung sind,	6. die ungleichartig in ihrer Masse sind, mit freiwilliger Bewegung,
Physik.	**Chemie.**	**Physiologie.**	**Mineralogie.**	**Botanik.**	**Zoologie.**

9.

Die Reihenfolge, in welcher diese verschiedenen Zweige der Naturwissenschaft zu betreiben sind, ist nicht gleichgültig. Für den Gereifteren erscheint es am angemessensten, sich zunächst mit den allgemeinsten Erscheinungen und ihren Gesetzen, welche sich bei der Betrachtung fast eines jeden Gegenstandes wiederholen, bekannt zu machen. Es ist dem entwickelten Verstande leichter und ansprechender, zuerst größere Umrisse und allgemeinere Wahrheiten zu überschauen, als im Betrachten vieler Einzelheiten sich zu ermüden. In diesem Falle beginnt der Unterricht am zweckmäßigsten mit der Physik und Astronomie, welchen die Chemie folgt. An diese schließt sich als nothwendige Ergänzung die Mineralogie. In diesen vier Wissenschaften sind zugleich die unentbehrlichsten Vorkenntnisse zum tieferen Verständniß des Pflanzen- und Thierlebens gegeben. Es folgen jetzt Botanik und Zoologie, in deren Abhandlung die Physiologie in der Regel aufgenommen wird, wenn es sich nicht darum handelt, dieselbe für sich von höherem wissenschaftlichen Standpunkte zu betreiben.

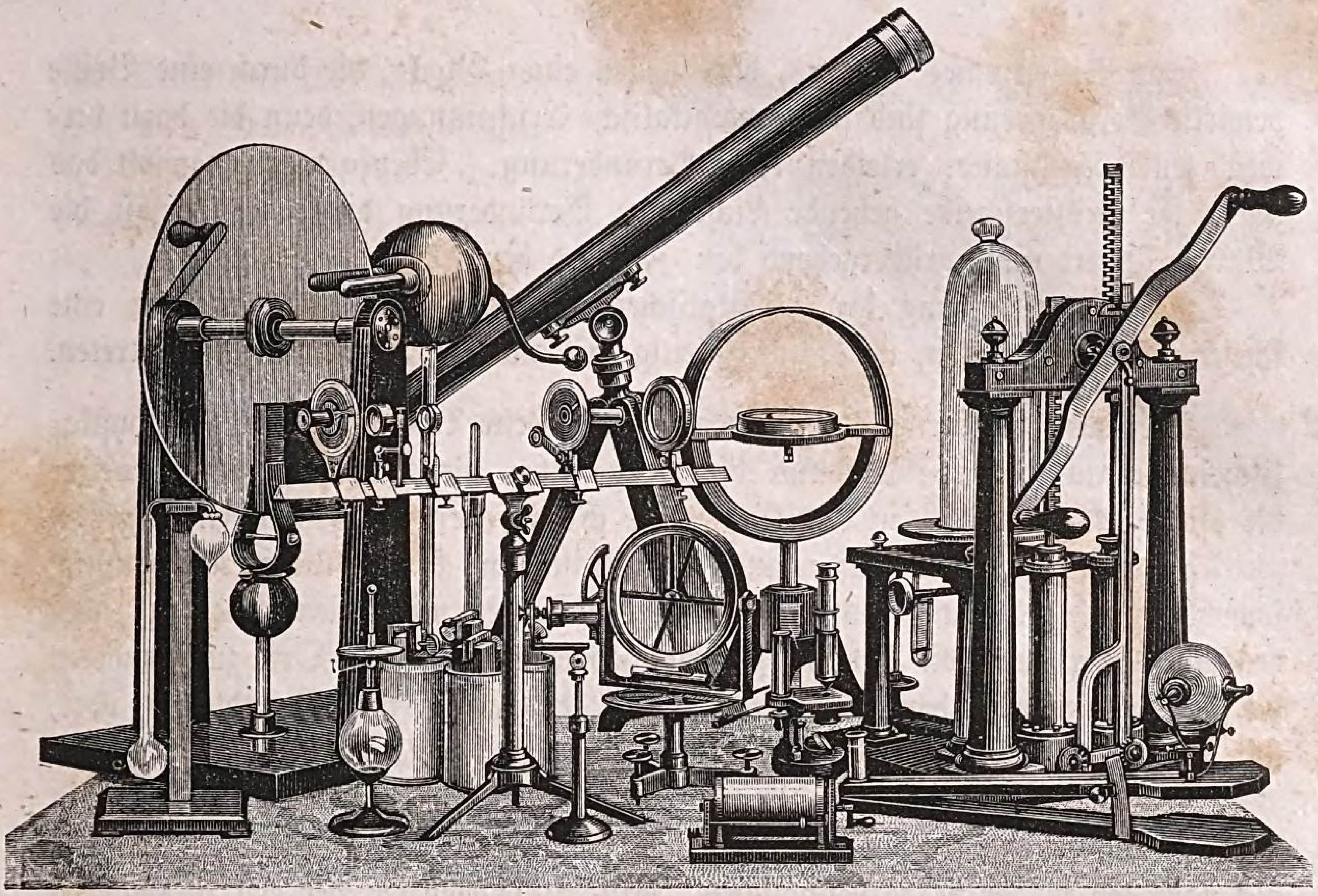
Diese Anordnung ist in dem Buche der Natur befolgt worden, und zwar in der Art, daß jede frühere Abtheilung mehr oder weniger die Einleitung zur folgenden bildet.

Eine andere Reihenfolge ist jedoch nothwendig, wenn man, wie dies in der Schule der Fall ist, die Jugend schon früh in die Natur einzuführen gedenkt. Denn das Kind erfaßt offenbar viel leichter und sicherer die Gegenstände nach ihrer Form und ihren übrigen Merkmalen, als die Kräfte und Gesetze, welche den Erscheinungen zu Grunde liegen, über welche meist nur mit Schwierigkeit klare Vorstellungen und richtige Begriffe zu gewinnen sind.

Mit Kindern ergehe man sich zuerst breit und gelassen im Reiche der Thiere, und namentlich bieten unter diesen die Insecten den reichsten und anregendsten Stoff, der Jahr und Tag ausreichen kann und überall lebendig zur Hand ist. Indem sie hieran im Beobachten und Auffassen geübter werden und im Alter voranschreiten, mache man den Uebergang zum Pflanzenreich.

Erst mit dem fünfzehnten Lebensjahr lassen sich Physik und Chemie mit Vortheil beginnen, an welch letztere die Mineralogie sich anreiht. Als Schluß wird eine nochmalige Uebersicht das ganze Bild der Natur abrunden und in jenem innigen Zusammenhang erblicken lassen, den wir immer nur theilweise aufheben dürfen.

Ein jeder Führer wähle indeß seinen eigenen Weg, sobald er nur selbst sicher einherzuschreiten im Stande ist und die Lust für die Sache zu wecken und den Eifer zu erhalten vermag. Dann führen alle Wege zum Ziel!



Physik.

„Du hast Alles geordnet mit Maaß, Zahl und Gewicht; denn großes Vermögen ist allezeit bei Dir." Weisheit Salom. 11, 22.

Hülfsmittel:

Fliedner, Dr. C., Aufgaben aus der Physik nebst ihren Auflösungen und einem Anhange, physikalische Tabellen enthaltend. Zum Gebrauche für Lehrer und Schüler in höheren Unterrichtsanstalten und besonders zum Selbstunterrichte. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. Dritte verbesserte und vermehrte Auflage. gr. 8. geh. Erste Abtheilung: Die Aufgaben und physikalischen Tabellen enthaltend. Preis 16 Sgr. Zweite Abtheilung: Die Auflösungen enthaltend. Preis 24 Sgr. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn.

Frick, Prof. Dr. J., Physikalische Technik oder Anleitung zur Anstellung von physikalischen Versuchen und zur Herstellung von physikalischen Apparaten mit möglichst einfachen Mitteln. Dritte vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 908 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpapier. Geh. Preis 2 Thlr. 25 Sgr. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn.

Hellmuth, J. H., Elementar-Naturlehre für den ersten Unterricht an höheren Bildungsanstalten, insbesondere für Seminarien und Lehrer an Volksschulen, sowie zum Selbstunterrichte. Siebenzehnte Auflage. Methodisch und durchaus neu bearbeitet von E. Reichert. Mit 536 in den Text eingedruckten Holzstichen nebst einer Spectraltafel in Farbendruck. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 1 Thlr. 10 Sgr. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn.

Müller, Prof. Dr. Joh., Grundriß der Physik und Meteorologie. Für Lyceen, Gymnasien, Gewerbe- und Realschulen, sowie zum Selbstunterrichte. Mit 574 in den Text eingedruckten Holzstichen. Neunte vermehrte und verbesserte Auflage. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn.

Müller, Prof. Dr. Joh., Mathematischer Supplementband zum Grundriß der Physik und Meteorologie. Zweite Auflage. Mit 230 in den Text eingedruckten Holzstichen. Nebst besonders gedruckten Auflösungen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr. 15 Sgr. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn. Auflösungen Preis 15 Sgr.

Müller, Prof. Dr. Joh., Lehrbuch der kosmischen Physik. Zugleich als dritter Band zu sämmtlichen Auflagen von Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. Zweite durch einen Anhang bereicherte Ausgabe der zweiten Auflage. Mit 316 in den Text eingedruckten Holzstichen und einem Atlas von 33 Stahlstich-Tafeln, zum Theil in Farbendruck. gr. 8. Fein Velinpapier. Geh. Preis 4 Thlr. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn.

Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik und Meteorologie. Siebente umgearbeitete und vermehrte Auflage. Zwei Bände. gr. 8. Mit gegen 2000 in den Text eingedruckten Holzstichen und 15 Tafeln, zum Theil in Farbendruck, und einer Photographie. Sat. Velinpapier. Preis 10 Thlr. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn.

Einleitung.

Die Physik ist die Wissenschaft derjenigen Naturerscheinungen, die von keiner 1
wesentlichen Veränderung der Gegenstände begleitet werden, an welchen man die Erscheinungen wahrnimmt oder die zur Hervorbringung derselben dienen.

Das Fallen eines Steines, das Tönen einer Glocke, die durch eine Brille bewirkte Vergrößerung sind solche physikalische Erscheinungen, denn die dazu verwendeten Gegenstände erleiden keine Veränderung. Ebenso wenig bewirkt das durch die Fensterscheibe gehende Licht eine Veränderung dieser und selbst die Wärme ändert nur vorübergehend den Zustand der Körper.

Die Unterscheidung der physikalischen Erscheinungen bietet nur da eine scheinbare Schwierigkeit, wo sie gleichzeitig mit anderen Erscheinungen auftreten.

2 Die beim Verbrennen einer Kohle entwickelte Wärme gehört der physikalischen Betrachtung an, während die Frage über die Veränderung, welche die Kohle dabei erleidet, in das Gebiet der chemischen Erscheinungen eingreift.

Von früher Jugend auf erlangt der Mensch aus der sinnlichen Anschauung, sowohl durch das Auge als auch durch das Tasten mit seinen Gliedern, noch deutlicher aber durch die Bewegung seines Körpers von einem Orte zum andern, die Vorstellung von dem Nebeneinandersein des außer ihm Befindlichen, oder, mit anderen Worten, die Vorstellung von der Ausdehnung.

Der Sinn des Gesichts allein verleiht ihm diese Vorstellung nicht. Ein kleines Kind greift ebenso nach fernen Gegenständen, z. B. nach dem Monde, als nach den in der Nähe befindlichen. Ein Blindgeborner, der erst in späteren Jahren durch die Operation das Sehvermögen erhält, kann in dem Augenblicke, nachdem dies geschehen ist, keine Entfernung, keine Ausdehnung durch das Auge beurtheilen. Alle Gegenstände erscheinen ihm in gleicher Entfernung, und ebenso weiß er die Größen derselben nicht zu unterscheiden. Erst indem er sich fortbewegt und die ihm sichtbaren Gegenstände zugleich betastet, lernt er Nähe und Ferne und das Große und Kleine erkennen. Der Gewohnheit, von Jugend auf mit beiden Sinnen zu beobachten, verdanken wir es jedoch, daß wir im Stande sind, Größen und Entfernungen mittels des Auges zu schätzen.

Die Erfahrung gewährt uns ferner die Ueberzeugung, daß die Ausdehnung sich nach drei Richtungen verfolgen läßt, die wir durch Höhe, Breite und Tiefe bezeichnen.

Das nach drei Richtungen ausgedehnt Gedachte ist der Raum. Da wir eine jede dieser Richtungen ins Unendliche verlängert denken können, so kann der Begriff des Raumes ebenfalls als das Unendliche außer uns bestimmt werden, was wir durch den Ausdruck des unendlichen Weltraumes bezeichnen. Es fällt jedoch viel leichter, sich einen begränzten Theil des Raumes vorzustellen, als jenes Unendliche.

3 Ebenso entsteht unbewußt in jedem Menschen sowohl durch die Mannichfaltigkeit als durch die Wiederholung der ihn umgebenden Gegenstände die Vorstellung der Zahl, und durch das Aufeinanderfolgen der Erscheinungen, ja durch die bloße Reihenfolge unserer Gedanken erhalten wir den Begriff der Zeit. Für die Beurtheilung sowohl der Zahl als der Zeit bedürfen wir gewisser äußerer Anhaltepunkte und einer erworbenen Uebung, ohne welche wir ebenso wenig genauer Vorstellungen über dieselben fähig wären, als dies bei dem Raum der Fall ist. Unsere Athemzüge, das Schlagen des Pulses, der Wechsel von Tag

und Nacht und der Jahreszeiten sind solche Erscheinungen, die uns helfen, die Zeit zu messen und einzutheilen.

Raum, Zahl und Zeit sind daher das Allgemeine, das uns mit jeder Sinnesanschauung zugleich gegeben und daher von ganz besonderer Wichtigkeit für die meisten Naturanschauungen ist. Die nähere Betrachtung des Raumes und der Zahl ist Gegenstand einer besondern Wissenschaft — nämlich der Mathematik.

Dasjenige, was den Raum erfüllt, ist die Materie. Irgend ein begränzter 4
Theil der Materie, gleichgültig wie groß oder wie klein derselbe sei, wird ein Körper oder Gegenstand genannt. Die Himmelskörper sowohl als auch die Erde sind solche im Raum befindliche begränzte Theile der Materie oder Körper. Ihre Ausdehnung ist im Vergleich zu der des Raumes außerordentlich gering.

Denken wir uns die Materie an und für sich, wie sie eben bestimmt worden ist, so trägt sie keinen Grund der Veränderung in sich. Als solche würde sie beständig sich gleich sein, in demselben Zustande, am nämlichen Orte verharren. Sie wäre also das vollkommen Unveränderliche, Starre, Bewegungslose, und würde nicht durch den Wechsel der an ihr auftretenden Erscheinungen unsere Aufmerksamkeit erregen und beschäftigen. Daher müssen wir außer der Materie eine besondere Ursache der an ihr sich darstellenden Erscheinung annehmen, welche Kraft genannt wird.

So schreiben wir die bekannte Erscheinung, daß Körper, die nicht gehalten oder unterstützt sind, zur Erde fallen, einer besondern anziehenden Kraft zu, die Schwerkraft genannt wird.

Im Verlauf der Betrachtung der physikalischen Erscheinungen werden wir einerseits Kräfte kennen lernen, deren Wirkungen selbst in außerordentlichen Entfernungen sich äußern, während andererseits wieder Kräfte thätig sind, die nur in der unmittelbarsten Nähe sich wirksam erweisen.

Als Beispiel der ersten Art führen wir die zwischen Sonne, Mond und Erde stattfindende wechselseitige Anziehung an, sowie die magnetische Kraft der Erde, welche überall der Magnetnadel eine bestimmte Richtung ertheilt.

In kürzester Entfernung wirkende Kräfte sind es dagegen, von welchen die Stärke des Zusammenhanges der Körper, ihre mehr oder minder regelmäßige Gestalt, ihre chemische Veränderung und andere Erscheinungen mehr abhängig sind. Kräfte dieser Art werden mit dem besondern Namen der Molekularkräfte bezeichnet. Eine solche Molekularkraft ist es, welche die gefrierenden Wassertheilchen zu den zierlichen Sternchen anordnet, die wir an den aufgefangenen Schneeflocken bewundern.

Sowohl durch Nachdenken, als auch durch die Beobachtung, gelangt man 5
zu der Ueberzeugung, daß die Materie ewig und unzerstörbar ist. Insbesondere belehrt uns die Chemie, daß z. B. ein Körper, den wir verbrennen, nur scheinbar vernichtet ist, daß der Stoff, aus welchem er bestand, in andere Formen übergegangen ist, aus welchen er durch eine Reihe von Umsetzungen wieder in den vorherigen Zustand zurückgeführt werden kann.

Aber zugleich mit der Materie ist eine ebenso unveränderliche Summe von

Kraft gegeben und dieselbe Betrachtung führt uns zu dem Grundsatz der **Erhaltung der Kraft**. Wo immer wir eine Kraft in Thätigkeit sehen, ist sie mit deren Aufhören keineswegs erloschen. Sie ist vielmehr in eine Form übergegangen, in der sie weiter wirkt. So z. B. ist die Wärme die gewöhnlichste Erscheinungsform, in welche eine Kraft sich umsetzt und die wiederum als Kraft weiter wirkt.

6 Das ganze Gebiet der überaus zahlreichen physikalischen Erscheinungen werden wir in den folgenden **neun** Abtheilungen betrachten:

1) **Allgemeine Eigenschaften der Körper.**
2) **Besondere Zustände der Materie.**
3) **Gleichgewicht und Bewegung.**
4) **Der Schall.**
5) **Die Wärme.**
6) **Das Licht.**
7) **Der Magnetismus.**
8) **Die Elektricität.**
9) **Die Meteorologie.**

I. Allgemeine Eigenschaften der Körper.

7 Da sich die Physik mit den Erscheinungen der Körperwelt beschäftigt, so ist es vor allen Dingen wichtig, daß man sich eine Vorstellung von dem Wesen der Körper bilde, und man erreicht diese zunächst durch die Betrachtung der **allgemeinen Eigenschaften**, das heißt derjenigen Eigenschaften, welche wir an allen Körpern beobachten, so verschieden sie sonst auch sein mögen. Es gehören hierher: 1) die **Ausdehnung**; 2) die **Undurchdringlichkeit**; 3) die **Trägheit**; 4) die **Theilbarkeit**; 5) die **Porosität**; 6) die **Zusammendrückbarkeit und Ausdehnbarkeit**; 7) die **Schwere**.

8 **Ausdehnung.** Da die Materie gewisse Theile des Raumes erfüllt, so muß sie **Ausdehnung** haben, und wir haben im Verlauf der Darstellung physikalischer Erscheinungen so häufig auf dieselbe uns zu beziehen, daß es zweckmäßig erscheint, hier anzudeuten, wodurch die Ausdehnung zur bestimmten Vorstellung gebracht oder gemessen wird.

Wenn wir die Ausdehnung, nur in einer unveränderten Richtung verfolgt, als gerade **Linie** bezeichnen, so wird das Mittel ihrer Bestimmung **Längenmaaß** genannt. Leicht sieht man ein, daß es sowohl für die wissenschaftliche Beobachtung, als auch für den Verkehr von großer Wichtigkeit ist, ein allgemeines, unveränderliches Längenmaaß zu haben. Namentlich ist es wichtig, die Einheit des Längenmaaßes so zu bestimmen, daß, wenn dieselbe je verloren und verfälscht werden sollte, man sie jederzeit wieder herstellen kann.

In Frankreich wurden Gelehrte mit der Aufsuchung einer Längeneinheit beauftragt, und nachdem diese den vierten Theil eines durch die Pole der Erde gehenden größten Kreises auf's Genaueste gemessen und in zehn Millionen gleiche

Theile getheilt hatten, nahmen sie einen solchen Theil als Längenmaaß an und nannten ihn Meter = m.

Das Meter bildet die Einheit des metrischen Maaß- und Gewichtssystems, welches, zuerst in Frankreich eingeführt, als Grundlage des nunmehr auch in Deutschland in Kraft tretenden Systems dient. Sein wesentlicher Vortheil besteht darin, daß alle Ober- und Unterabtheilungen dieses Maaßes mittels Vervielfachung oder Theilung durch die Zahl Zehn geschehen, wodurch die Rechnungen sehr vereinfacht und erleichtert werden.

Zur Bezeichnung der also entstehenden größeren Maaße und Gewichte nahm man griechische und für die Unterabtheilungen lateinische Zahlwörter zu Hülfe, wie folgt:

Zehn, *deka*, decem; hundert, *hekaton*, centum; tausend, *kilioi*, mille.

Meter m;		Dekameter Dm;		Hektometer Hm;		Kilometer Km.
1000	=	100	=	10	=	1
100	=	10	=	1		
10	=	1				

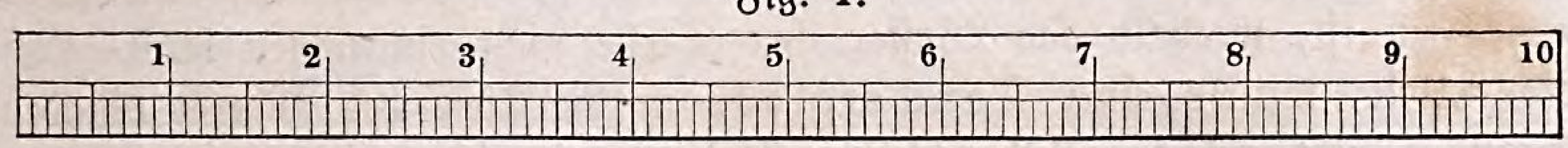
Meter m;		Decimeter dm;		Centimeter cm;		Millimeter mm.
1	=	10	=	100	=	1000
		1	=	10	=	100
				1	=	10

Von den Gliedern des vorstehenden metrischen Systems sind gesetzlich eingeführt und benannt worden die nachstehenden:

Der Stab = 1 Meter od. m = 100 Neuzoll od. cm = 1000 Strich od. mm.
Die Kette = 10 Meter od. 1 Dekameter Dm; das Kilometer Km = 100 m.
Die Meile = 7500 Meter.

Fig. 1 ist ein in 10 Neuzoll und 100 Striche eingetheiltes Decimeter.

Fig. 1.



Der als Maaßeinheit bisher gebräuchliche Fuß besaß den Vorzug, daß seine Länge ungefähr der des menschlichen Fußes entsprach. Da man in allen früheren Schriften des Fußmaaßes sich bediente und dasselbe noch lange im Verkehr sich erhalten wird, so erscheint es zweckmäßig, eine Vergleichung des Fußes verschiedener Länder mit dem Metermaaß zu besitzen:

	Fuß		Zoll		Linien		Millimeter
Großherzogthum Hessen	1′	=	10″	=	100‴	=	250
Würtemberg	1	=	10	=	100	=	286
Baiern	1	=	12	=	144	=	291
Baden und Schweiz	1	=	10	=	100	=	300
England und Rußland	1	=	12	=	144	=	305
Preußen oder rheinischer Fuß	1	=	12	=	144	=	313
Oesterreich	1	=	12	=	144	=	316
Pariser oder alter französischer Fuß . .	1	=	12	=	144	=	324

Ein Maaß, welches durch 10 getheilt wird, heißt Decimalmaaß, ein durch 12 getheiltes, Duodecimalmaaß. Maaße für größere Entfernungen sind in §. 16 der Astronomie angegeben.

Als Flächenmaaße gelten die Quadrate der Längenmaaße und die Einheit bildet das Quadratmeter oder der Quadratstab □^{m} = 10 000 □^{cm} oder □ Neuzoll; 1 □^{cm} = 100 □ Strich, □^{mm}.

Ein Ar = 100 □ Stab oder 1 □ Kette = 1 □^{Dm}.
Ein Hektar = 100 Ar = 1 □^{Hm}.

Als Körpermaaße gelten die Würfel der Längenmaaße und die Einheit ist das Kubikmeter Kb^{m}.

1 Kb^{m} = 1000 Kb^{dm} = 1 000 000 Kb^{cm}; 1 Kb^{cm} = 1000 Kb^{mm}.

Als Grundeinheit der Hohlmaaße dient das Liter oder die Kanne = 1 Kubik-Decimeter, Kb^{dm} = 1000 Kb^{cm}; das halbe Liter heißt Schoppen.

50 Liter = 1 Scheffel; 100 Liter = 1 Hektoliter oder 1 Faß.

9 Die Raumerfüllung der Materie offenbart sich uns durch ihre Undurchdringlichkeit. In demselben Raume, den die Erde erfüllt, kann nicht zu gleicher Zeit ein anderer Himmelskörper sich befinden, und ebenso zeigt uns die tägliche Erfahrung, daß in dem Raume, den ein Berg, ein Stein oder der eigene Körper einnimmt, gleichzeitig kein anderer Körper sein kann.

Die Hindernisse, auf die wir bald stoßen, wenn wir uns in einer und derselben Richtung fortbewegen, sind nichts anderes, als Folgen der Undurchdringlichkeit der in unserm Wege befindlichen Körper.

Die Luft erfüllt den Raum ebenfalls, sie ist undurchdringlich, weshalb sie als ein Theil der Materie, als ein Körper betrachtet wird. Es erfordert dies einen nähern Beweis. Wenn ich ein Trinkglas mit der nach unten gekehrten Oeffnung in Wasser tauche, so tritt kein Wasser in dasselbe, wie tief ich es auch eintauche. Es rührt dies daher, daß die im Glase befindliche Luft undurchdringlich ist, weshalb das Wasser ihre Stelle nicht einnehmen kann. Die Möglichkeit, mittels einer Taucherglocke in die Tiefe des Meeres hinabzusteigen, beruht auf der Undurchdringlichkeit der in ihr eingeschlossenen Luft.

Fig. 2.



Das Niedergehen des Tauchers auf den Meeresgrund läßt sich leicht veranschaulichen. Ueber ein Stückchen Kork, das in einem Behälter mit Wasser schwimmt, wird ein Trinkglas gestülpt und langsam untergetaucht (Fig. 2). Man sieht hierbei den Kork unter die Oberfläche des Wassers bis zum Boden hinabgehen und beim Herausziehen des Glases wieder emporsteigen, ohne daß seine Oberfläche benetzt wird. Das Tauchergeschäft hat durch die Fortschritte der Mechanik und Chemie eine große Vervollkommnung er-

halten, indem es möglich wurde, die durch das Athmen verdorbene Luft aus der Glocke zu entfernen und durch frische zu ersetzen.

Ein im gewöhnlichen Sinne leeres Gefäß ist daher allerdings mit Materie, nämlich mit Luft, erfüllt, und nur wenn wir diese entfernen, verdrängen, können wir eine andere Materie, z. B. Wasser, an die Stelle bringen, die jene vorher eingenommen hatte.

Trägheit. Wir können uns nicht denken, daß in der ganzen Natur irgend eine Veränderung mit einem Körper vorgehe, ohne daß sie durch eine besondere Kraft veranlaßt worden wäre. An und für sich würde ein jeder Körper den Zustand, in dem er sich gerade befindet, unverändert beibehalten, und diese Eigenthümlichkeit der Körper bezeichnet man mit dem Namen des Beharrungsvermögens oder der Trägheit. Vermöge dieser Trägheit wird ein ruhender Körper in Ruhe bleiben, bis ihn eine äußere Kraft in Bewegung setzt; ein bewegter Körper dagegen setzt nach dem Gesetz der Trägheit seine Bewegung fort, bis dieselbe durch die Gegenwirkung äußerer Kräfte aufgehoben wird. Den Einfluß der Trägheit auf die Bewegungserscheinungen werden wir weiter unten noch näher betrachten. 10

Theilbarkeit. Durch die geeigneten Mittel kann ein jeder Körper in kleinere Theile getheilt werden. Die härtesten Steine werden von den darüber rollenden Wagen zu Staub zermahlen und die Körner durch die Mühle in feines Mehl; die Metalle werden durch die Feile in kleine Spähne verwandelt, oder durch den Hammer in dünne Blättchen geschlagen, oder in Fäden ausgezogen, die dünner sind als ein Haar. Das Wasser, welches ein Gefäß enthält, läßt sich leicht in einzelne Tropfen theilen, und jedes Tröpfchen können wir mittels des Pinsels auf eine große Fläche vertheilen. Nach einiger Zeit wird die benetzte Fläche wieder trocken, weil das Wasser verdunstet und dadurch in so außerordentlich kleine Theilchen übergeht, daß die einzelnen durch das Auge gar nicht mehr wahrgenommen werden können. 11

Die Theilbarkeit ist daher eine allgemeine Eigenschaft der Körper, und wir vollbringen die Theilung entweder durch Werkzeuge, in welchem Falle sie mechanische Theilung genannt wird, oder durch Naturkräfte, wo sie dann physikalische Theilung heißt.

Wie weit die Theilung gehen kann, möge aus Beispielen entnommen werden. Der kleine hier eingeklammerte Strich (-) bezeichnet die Länge eines Maaßes, welches ein Millimeter (s. §. 8) genannt wird.

Der Seidenwurm spinnt Fäden, von welchen hundert neben einander gelegt werden müssen, um die Länge eines Millimeters auszumachen. Allein man hat Platin in so außerordentlich feine Fäden ausgezogen, daß hundert und vierzig derselben erst ein Bündel von der Dicke eines Coconfadens geben. Zwölf solcher Platinfäden neben einander gelegt, sind nicht breiter als ein Coconfaden; folglich gehen 1200 jener feinen Metallfäden auf ein Millimeter.

Auf physikalischem Wege lassen sich die Körper jedoch noch in weit höherm Grade zertheilen. Löst man z. B. ein Salzkorn in einem Glase voll Wasser

auf, so ist nachher in jedem Tröpfchen der Auflösung, das wir mit einer Nadelspitze herausnehmen, ein Theilchen des Salzes enthalten. So lange sich ein wenig Moschus in einem Zimmer befindet, ist dieses von einem starken Geruche erfüllt, ohne daß der Moschus merklich von seinem Gewichte verliert.

Wie außerordentlich klein solche Theilchen sind, in welche die Materie getheilt werden kann, so sprechen doch eine Menge von Erscheinungen mit großer Bestimmtheit dafür, daß die Zertheilung der Materie nicht bis ins Unendliche fortgesetzt werden kann, und es wird angenommen, daß ein jeder Körper aus untheilbaren kleinsten Theilchen besteht, welche Atome genannt werden.

Es giebt Vergrößerungsgläser, welche zwölf- bis sechszehnhundertmal vergrößern. Nach Thatsachen der Chemie müssen jene Atome kleiner sein, als ein durch ein solches Glas noch sichtbarer Körper.

Halten wir diese Vorstellungsweise fest, so folgt daraus, daß die Masse eines Körpers nur von der Anzahl seiner Atome abhängig ist, und daß seine Eigenschaften sowohl von der Beschaffenheit als auch von der Anordnung seiner Atome bedingt werden. Gewisse kleine Gruppen, die von Atomen gebildet werden, heißen Moleküle.

Wir werden Gelegenheit haben, Schlüsse der Art mehr oder weniger durch die Ergebnisse der Naturforschung bestätigt zu sehen.

12 **Porosität.** Die kleinen Oeffnungen der Haut, durch welche der Schweiß und die Ausdünstungen austreten, heißen Poren. Daher nannte man alle Körper, welche von Wasser oder Luft durchdrungen werden, porös, und da dies fast bei allen Körpern der Fall ist, so zählt man die Porosität ebenfalls zu den allgemeinen Eigenschaften.

Sehr poröse Körper sind z. B. Schwamm, Holz und Holzkohle, Brotkrume, und der erste Blick zeigt uns die zahlreichen und großen Poren derselben.

Bei anderen Körpern beobachtet man jedoch die Porosität erst unter besonderen Umständen. Macht man z. B. hohle Kugeln von Eisen, Gold oder anderen dichten Metallen, die mit Wasser gefüllt, fest verschlossen und einem heftigen Druck ausgesetzt werden, so dringt das Wasser in feinen Tröpfchen durch die Poren des Metalls.

Glas und einige andere Körper gestatten unter keinen Umständen dem Wasser oder der Luft einen Durchgang. Wenn Gründe dafür sprechen, daß selbst auch solche Körper Zwischenräume besitzen, so ist es doch Gebrauch, nur diejenigen porös zu nennen, welche die angeführten Eigenschaften unter den gewöhnlichen Umständen zeigen.

13 **Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit.** Ein und derselbe Körper nimmt nicht immer genau denselben Raum ein; er kann durch Druck und Erkaltung verkleinert, durch Spannung und Erwärmung vergrößert werden. Die Zusammendrückbarkeit läßt sich aus der Porosität folgern. Denn sobald in der Masse eines Körpers Zwischenräume sind, so muß sich derselbe zusammendrücken lassen, wenn wir im Stande sind, eine hinreichend große Kraft anzuwenden.

In der That hat man noch keinen Körper gefunden, der nicht durch Druck auf einen kleinern Raum gebracht werden könnte.

Offenbar wird jeder Körper um so dichter, je größer der Druck ist, welchen er erleidet, und der Widerstand, den er dem weitern Druck entgegensetzt, wächst mit dem zunehmenden Drucke.

Die Luft ist unstreitig von allen Körpern derjenige, der am meisten zusammengedrückt werden kann, während merkwürdigerweise das Wasser und andere Flüssigkeiten nur in sehr geringem Grade sich zusammendrücken lassen. Wollte man z. B. in einem Kanonenlaufe mit Wänden von drei Zoll Dicke zwanzig Kubikzoll Wasser so zusammenpressen, daß dieselben nur noch den Raum von neunzehn Kubikzoll einnehmen, so würde die Kanone eher zerspringen, als dies erreicht ist.

Sehr poröse Körper lassen sich natürlich beträchtlich zusammendrücken, aber auch die Metalle nehmen nach dem Hämmern und Prägen einen kleinern Raum ein, und selbst Glas läßt sich etwas zusammendrücken, weshalb es in seinem Innern Zwischenräume haben muß, die freilich unsichtbar klein sind.

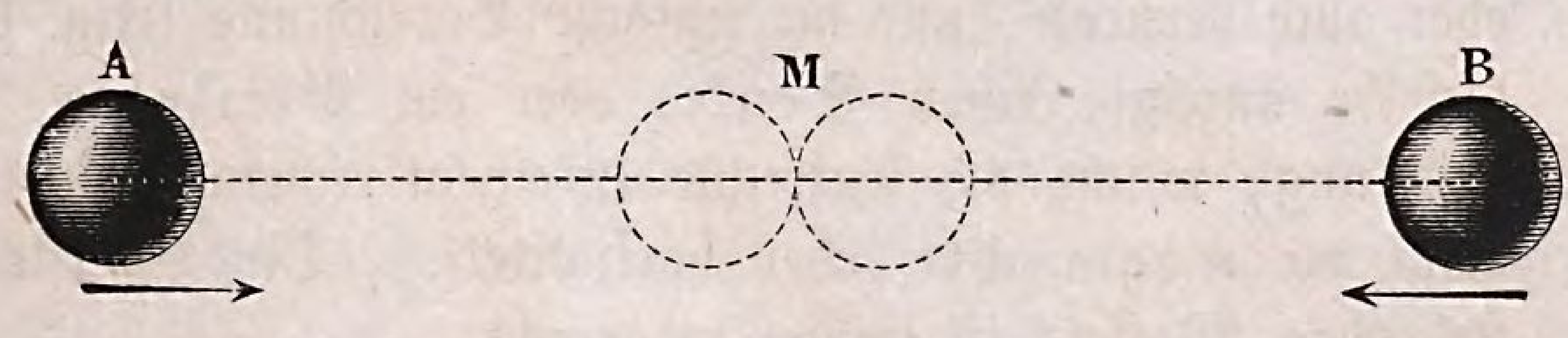
Unter **Ausdehnbarkeit** der Körper versteht man die Eigenschaft derselben, ihren Raum zu vergrößern, wenn sie erwärmt oder einem verminderten Druck unterworfen werden. Man kann annehmen, daß der Raum, welchen ein Körper einnimmt, um so größer wird, je mehr man diesen erwärmt.

Am deutlichsten und stärksten zeigt sich die Ausdehnbarkeit bei solchen Körpern, die selbst durch die stärkste Hitze nicht zersetzt werden, wie dies bei der Luft und dem Wasser der Fall ist. Ein Kubikzoll Wasser so weit erwärmt, daß dasselbe vollständig in Dampf verwandelt ist, nimmt alsdann einen Raum von 1700 Kubikzoll ein.

Schwere. **Alle Körper ziehen sich gegenseitig mit einer ihrer Masse entsprechenden Kraft an, welche Schwere oder Gravitation genannt wird.** 14

Denken wir uns die beiden Massen *A* und *B* (Fig. 3), welche einander vollkommen gleich sind und daher sich gegenseitig gleich stark anziehen, ohne daß

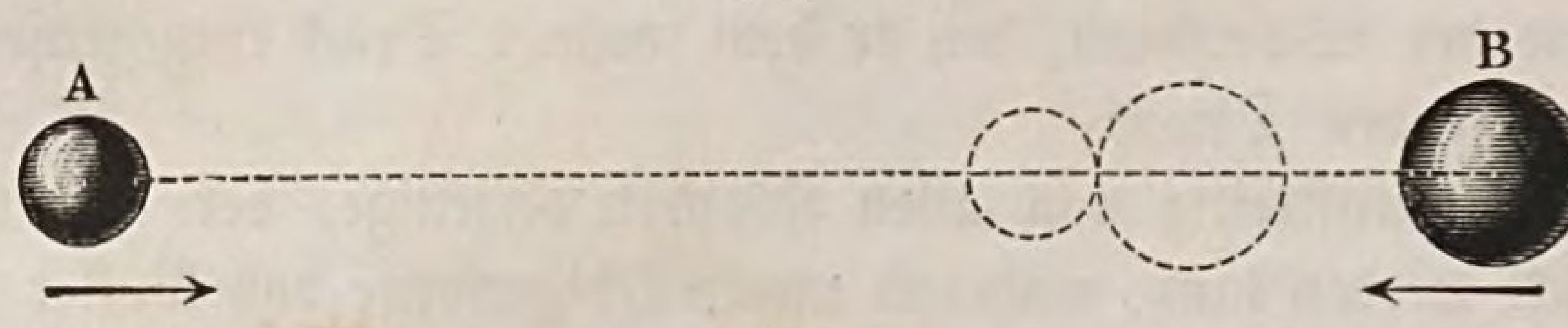
Fig. 3.



irgend eine andere Kraft auf diese Anziehung hindernd oder störend einwirkt, so ist es klar, daß beide Massen, ihrer Anziehung folgend, sich mit gleicher Geschwindigkeit einander nähern, bis sie an dem Punkte *M* sich berühren, der genau die Mitte ihrer ursprünglichen Entfernung ist. Ist jedoch, wie in Fig. 4 (a. f. S.), die Masse *B* noch einmal so groß als *A*, so wird die Anziehung, die *B* gegen *A* ausübt, auch noch einmal so groß sein, als die von *A* auf *B* wirkende, und in-

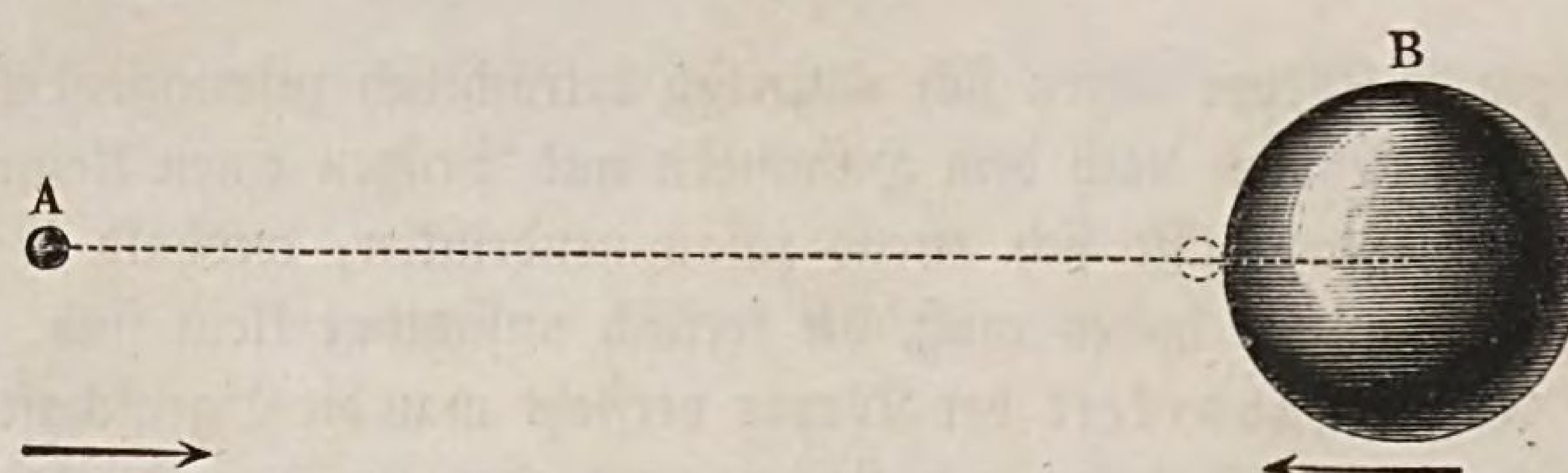
dem beide sich einander nähern, hat *A* die doppelte Geschwindigkeit von *B* und legt folglich einen zweimal so großen Weg zurück. Wie man sieht, hat die

Fig. 4.



kleinere Masse den größern Weg zurückzulegen und dies tritt noch auffallender hervor, wenn der Unterschied beider Massen noch größer angenommen wird, wie bei Fig. 5, wo *A* gleich 1 und *B* gleich 100 sein soll. Hier wird die

Fig. 5.



Bewegung von *B* so klein, daß diese Masse scheinbar ganz in Ruhe bleibt, während der kleine Körper *A* mit großer Geschwindigkeit sich zu dem großen hinbewegt. Wir haben hierdurch die Erklärung einer der alltäglichsten Erscheinungen, nämlich des **Fallens** der Körper, denn im Vergleich mit der Erde sind alle auf ihrer Oberfläche befindlichen Körper verschwindend klein und werden mit beträchtlicher Stärke von derselben angezogen. Die Schwere ist daher die Ursache des **Fallens** der Körper, und die Beobachtung hat gezeigt, daß, wenn die Zeit, während welcher ein Körper fällt, eine Secunde beträgt, er einen Weg von 15 pariser Fuß (oder 4 Meter) zurücklegt.

Fig. 6.

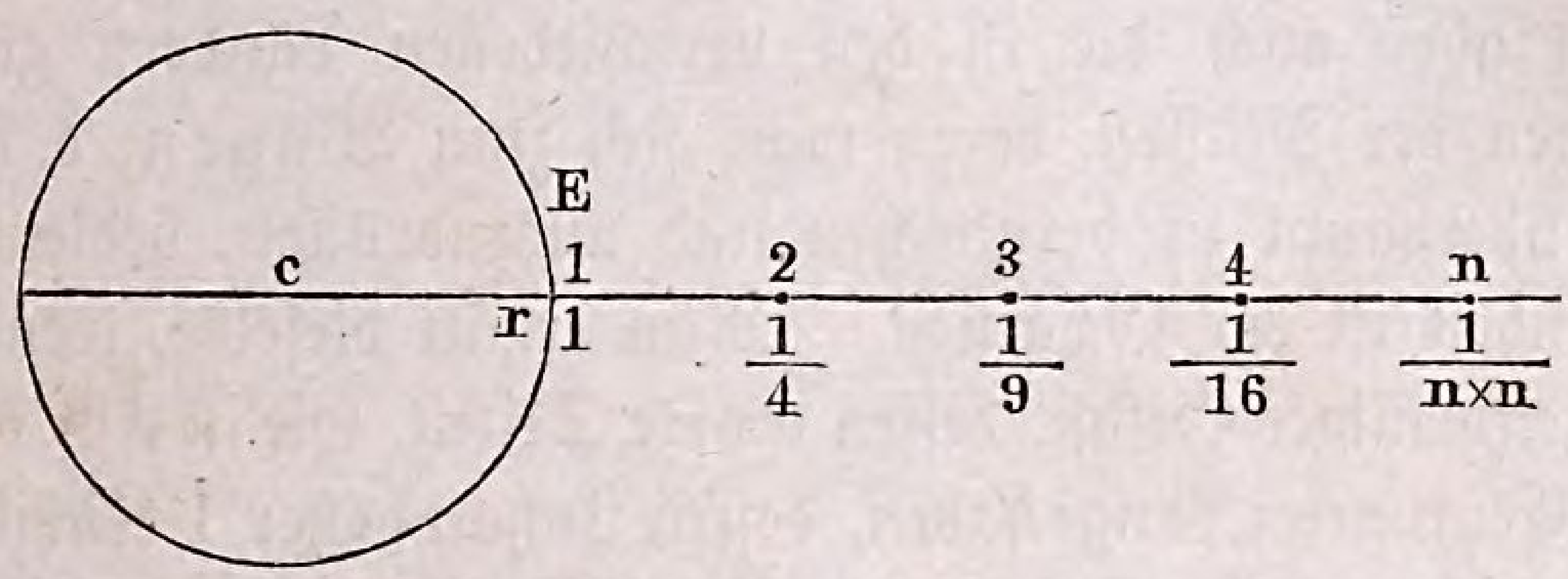


Hängt man einen Körper, z. B. eine Bleikugel, an einem Faden auf, so kann er zwar nicht fallen, allein er ertheilt in Folge der Anziehung dem Faden eine Lage, welche die Richtung der Schwerkraft anzeigt. Man nennt sie die **senkrechte** oder lothrechte oder auch verticale, und die einfache Vorrichtung (Fig. 6), welche dieselbe anzeigt, einen **Senkel** oder ein **Bleiloth**. Diejenige Richtung, welche die senkrechte in einem rechten Winkel schneidet, heißt die **wagerechte** oder horizontale. Die Oberfläche ruhig stehenden Wassers ist immer wagerecht.

15 **Gravitationsgesetz.** Denkt man sich die Richtung, welche ein Bleiloth annimmt, verlängert, so erhält man eine nach dem Mittelpunkte der Erde hinführende Linie, und da dieses an jedem beliebigen Punkte der Erdoberfläche stattfindet, so erscheint uns die Gesammtanziehung der Erde (Fig. 7) *E* in ihrem Mittelpunkte *c* vereinigt. Jeder Körper an ihrer Oberfläche befindet sich also

von dem Mittelpunkte der Anziehung in einer Entfernung, die gleich ist dem Halbmesser der Erde *cr*, und wird daselbst mit einer Stärke angezogen, die wir

Fig. 7.



durch den Fallraum von 15 Fuß in einer Secunde bezeichnen. In größerer Entfernung ist die Anziehung nicht mehr dieselbe, sondern sie wird um so schwächer, je weiter wir uns von dem Mittelpunkte der Erde entfernen. Diese Abnahme der Schwere findet nach einem besonderen Gesetze Statt, welches sich so ausdrücken läßt: Es werde die Stärke der Schwerkraft in der Entfernung 1 vom Mittelpunkte der Erde durch den Fallraum von 15 Fuß bezeichnet, so ist sie in 2 gleich $\frac{15}{4}$, in 3 gleich $\frac{15}{9}$, in 4 gleich $\frac{15}{16}$ u. s. w. Wir können daher in jeder Entfernung die Größe der Schwerkraft durch einen Bruch bezeichnen, dessen Zähler 15 ist und dessen Nenner man durch Multiplication der Entfernung mit sich selbst erhält, oder kürzer ausgedrückt: die Schwere nimmt ab im Verhältniß des Quadrates der Entfernung.

Man sollte nun etwa denken, daß auf sehr hohen Gebirgen der Fallraum in einer Secunde weniger beträgt als 15 Fuß. Allein die höchsten Gebirge der Erde sind im Vergleich mit der Masse der letztern zu unbedeutende Pünktchen, als daß sie auf die Fallgeschwindigkeit merklichen Einfluß ausüben könnten.

Fall im leeren Raum. Da die Schwere ebenso gut auf ein einzelnes 16
Theilchen der Materie wirkt, als auf mehrere derselben, die zusammenhängen, so müssen alle Körper gleich schnell fallen, gleichviel, wie groß oder wie klein ihre Masse ist.

Wir sehen aber, daß ein Blatt Papier, eine Feder, ein Strohhalm weniger schnell aus gleicher Höhe zu Boden fallen als ein Stein oder eine Bleikugel. Die Ursache hiervon ist jedoch nur der größere Widerstand der Luft bei jenen, und wenn man daher die genannten Körper in einem luftleeren Raume fallen läßt, so besitzen sie gleiche Geschwindigkeit mit den letzteren.

Die auffallende Beschleunigung, welche ein fallender Körper fortwährend erleidet, wird in einem spätern Abschnitt Gegenstand ausführlicher Erörterung sein.

Gewicht. Da jedes Theilchen eines Körpers von der Erde angezogen 17
wird, so muß es, auf einer Unterlage befindlich, einen gewissen Druck auf dieselbe ausüben. Den Gesammtdruck aller Theilchen eines Körpers auf seine Unterlage nennt man sein Gewicht. Daher, je mehr Theilchen oder je mehr Masse ein Körper hat, desto größer ist sein Gewicht.

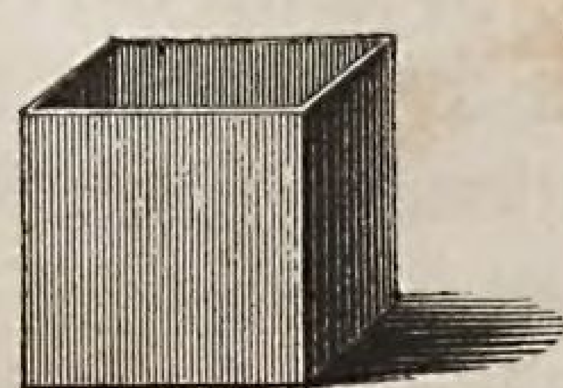
Man kann die Massen oder Gewichte zweier Körper vergleichen, wenn man sie an den Enden eines gleicharmigen Hebels befestigt. Bleibt dieser im Gleich-

gewicht, so sind die Gewichte gleich. Bei ungleichen Gewichten entsteht ein Ausschlag auf der Seite desjenigen, der mehr Gewicht hat.

Eine solche Vorrichtung zur Vergleichung der Gewichte ist die Wage.

18 Gewichte nennt man aber auch die in den verschiedenen Ländern gebrauchten bestimmten Einheiten der Massen, deren man sich zum Wägen, d. h. um die Massen der Körper überhaupt zu vergleichen und auszudrücken, bedient. Die vergleichende Gewichtseinheit ist der Gramm. Man erhält dieselbe, wenn ein würfelförmiges Gefäß, dessen innere Seiten, wie in Fig. 8, genau 1 Centimeter Länge haben, dessen Inhalt daher 1 Kubikcentimeter ist, mit Wasser von 4 Grad C. Wärme angefüllt wird.

Fig. 8.



Sage ich also, ein gewisser Körper wiegt 80 Gramm, so folgt daraus, daß wenn ich auf die eine Schale einer Wage diesen Körper lege, so muß ich, um demselben das Gleichgewicht zu halten, auf die andere Wagschale 80 Kubikcentimeter Wasser bringen. Es ist jedoch klar, daß kleine Metallstückchen, deren jedes genau so viel als ein Kubikcentimeter Wasser wiegt, zum Wägen bequemer sind. Die Anzahl von Grammen, die ein Körper wiegt, heißt sein absolutes Gewicht.

Von dem Gramm werden die kleineren und die größeren Gewichte in folgender Weise abgeleitet:

Gramm Gr.;		Decigramm dgr.;		Centigramm cgr.;		Milligramm mgr.
1	=	10	=	100	=	1000
		1	=	10	=	100
				1	=	10

Gramm Gr.;		Dekagramm Dgr.;		Hektogramm Hgr.;		Kilogramm Kgr.
1000	=	100	=	10	=	1

1 Pfund = 50 Neuloth oder Decigramm = 500 Gramm oder ½ Kilo.

100 Pfund = 1 Centner; 20 Ctnr. = 1 Tonne; 40 Ctnr. = 1 Last.

1 Schoppen = 500 Cub^cm. Wasser, wiegt 1 Pfund.
1 Zollpfund = 500 Gramm.
1 Pfund = 560 „ in Oesterreich und Baiern.
1 „ = 453 „ in England.
1 „ = 410 „ in Rußland.

19 **Dichte.** Auf die eine Schale einer Wage bringe ich einen Kub^cm. Wasser und auf die andere einen Kub^cm. Blei. Da hier auf beiden Seiten Massen von gleicher Ausdehnung liegen, so sollte man erwarten, daß Gleichgewicht stattfinde. Allein dies ist durchaus nicht der Fall, sondern um jenem einzigen Kub^cm. Blei das Gleichgewicht zu halten, müssen wir elf Kub^cm. Wasser auf die andere Wagschale legen. Hätte man anstatt des Bleies einen Kub^cm. Quecksilber genommen, so würde man 13 Kub^cm. Wasser, und bei einem Kub^cm. Gold gar 19 derselben bedurft haben, um das Gleichgewicht zu erhalten.

Stellen wir denselben Versuch mit einem Kub^cm. Wasser und eben so viel Weingeist an, so wird im Gegensatz zu Obigem die Menge des Weingeistes

vermehrt oder die des Wassers vermindert werden müssen, um Gleichgewicht zu erhalten. Terpentinöl, Mohnöl und andere Oele verhalten sich in Beziehung auf Wasser ähnlich.

Hieraus geht denn auf's Deutlichste hervor, daß verschiedene Körper in gleichem Raume eine ungleiche Anzahl von Theilchen enthalten. Indem man sich dieselben mehr oder weniger nahe neben einander liegend denkt, ist es leicht zu begreifen, daß in gleichen Raumtheilen verschiedener Körper ungleiche Massen sich befinden können, daß dieselben folglich eine ungleiche Dichte haben.

Ein Kub$^{cm.}$ Blei enthält elfmal so viel Masse als ein Kub$^{cm.}$ Wasser und wiegt daher elfmal so viel als dieses. Der Weingeist und die Oele sind dagegen weniger dicht als das Wasser.

Im gewöhnlichen Leben nennt man diejenigen Körper leichte, die einen verhältnißmäßig großen Raum einnehmen und wenig Masse enthalten, wie z. B. Kork u. a. m.

Man hat die Dichte der flüssigen und festen Körper mit der des Wassers verglichen, und die Zahl, welche ausdrückt, wie viel mal ein Körper mehr oder weniger wiegt als ein gleicher Raumtheil Wasser, heißt die Dichte oder das specifische Gewicht dieses Körpers. Wir fügen hier die Zahlen einiger der bekanntesten Körper bei:

Körper.	Dichte.	Körper.	Dichte.
Kork	0,240	Schwefel	2,033
Pappelholz (trocken) . . .	0,383	Sandstein	2,350
Lindenholz " . . .	0,439	Basalt	2,600
Edeltanne " . . .	0,555	Bouteillenglas	2,6[illegible]0
Buchenholz	0,590	Aluminium (geschmiedet) .	2,670
Nußbaumholz	0,677	Marmor	2,717
Aether	0,713	Granit	2,800
Weingeist, wasserfrei . . .	0,793	Diamant	3,520
Kalium	0,865	Schwerspath	4,426
Terpentinöl	0,872	Chrom	5,900
Eis	0,916	Antimon	6,712
Mohnöl	0,929	Zink	7,037
Natrium	0,972	Eisen (geschmiedet) . . .	7,788
Rheinwein	0,999	Stahl	7,816
Wasser	1,000	Kupfer (geschmiedet) . . .	8,878
Meerwasser	1,026	Wismuth	9,822
Milch	1,030	Silber	10,474
Eichenholz	1,170	Blei	11,352
Magnesium	1,743	Thallium	11,860
Phosphor	1,826	Quecksilber	13,598
Schwefelsäure	1,848	Gold	19,325
Elfenbein	1,917	Platin	22,100

Bestimmung der Dichte. Aus dem Vorhergehenden ergiebt es 20
sich, daß wir zwei Thatsachen ermitteln müssen, wenn das specifische Gewicht eines Körpers bestimmt werden soll, nämlich 1) sein absolutes Gewicht und 2) das

Gewicht eines gleichen Rauminhaltes Wasser. Indem alsdann ersteres durch letzteres dividirt wird, erhält man das specifische Gewicht des Körpers.

Bei Flüssigkeiten hat dieses nur geringe Schwierigkeit. Wollte man z. B. das specifische Gewicht der Schwefelsäure bestimmen, so wiegt man zuerst in einem Gläschen mit engem Halse 10 Gramm Wasser recht genau ab, macht am Glase ein Zeichen, wie hoch das Wasser stand, und gießt dieses wieder aus. Dann füllt man das Gläschen genau bis zu jenem Zeichen mit Schwefelsäure und findet, indem man diese wiegt, daß ihr Gewicht 18,48 Gramm beträgt. Folglich ist $\frac{18,48}{10,00} = 1,848$ das specifische Gewicht der Schwefelsäure.

Zur Bestimmung des specifischen Gewichtes der festen Körper könnte man, wie im §. 18 angeführt worden ist, gleich große Würfel von Blei, Holz, Schwefel, Eisen, Gold u. s. w. machen und ihr Gewicht vergleichen mit dem eines Wasserwürfels von gleichem Rauminhalt. Allein abgesehen davon, daß es höchst schwierig ist, solche Würfel zu verfertigen, um hinreichend genaue Bestimmungen zu erhalten, giebt es ein anderes Verfahren, um den Rauminhalt eines jeden Körpers von beliebiger Form und Größe auf's Schärfste zu ermitteln, welches wir später kennen lernen und dabei nochmals auf die Bestimmung des specifischen Gewichtes zurückkommen.

Ebenso kann erst später das eigenthümliche Verfahren erläutert werden, dessen man sich bedient, um die Dichte der luftförmigen Körper zu erfahren.

21 **Anwendung.** Fragen wir nun, welchen Vortheil kann die Kenntniß dieser Zahlen gewähren? so läßt sich derselbe in mehrfacher Hinsicht leicht nachweisen.

Da z. B. ein jeder Körper unter übrigens gleichen Umständen stets eine und dieselbe Dichte besitzt, so ist diese eins der wichtigsten Merkmale zur Unterscheidung verschiedener Körper, insbesondere der verschiedenen Minerale. Würde mir Jemand reinstes Silber verkaufen, so muß ein Kubikcentimeter desselben genau 10,474 Gramm wiegen. Ist seine Dichte geringer, so kann ich voraussetzen, daß Kupfer, ist sie größer, daß Blei dem Silber zugesetzt worden ist. Lasse ich ein Gebälk von Eichenholz verfertigen, welches 1170 Pfund wiegt, so wird ein Gebälk von Tannenholz, das genau so viel Kubikinhalt hat als jenes, nur 555 Pfund wiegen. Eine Flasche, die, mit Wasser angefüllt, 10 Pfund desselben faßt, muß, mit Schwefelsäure gefüllt, 18 Pfund davon aufnehmen, weil diese beinahe noch einmal so dicht ist als Wasser u. s. w.

II. Besondere Zustände der Materie.

22 Es wurde in §. 11 gezeigt, daß wir uns die Materie als zusammengesetzt aus kleinsten Theilchen, sogenannten Atomen, vorzustellen haben. Wären alle Atome der Körper ihrer Art nach einander vollkommen gleich, so hätte man überhaupt nur einerlei Materie. In der That giebt es aber Atome sehr ver-

schiedener Art, welche uns die *Chemie* sowohl an und für sich als auch in gegenseitiger Einwirkung kennen lehrt.

Außer dem Unterschiede, der aus der Verschiedenheit der Atome folgt, beobachten wir jedoch an den Körpern noch Unterschiede des Zustandes, der hervorgeht aus der Art und Weise, wie die Theilchen eines Körpers mit einander verbunden sind, und ein sehr bekanntes Beispiel, das Wasser, zeigt uns, daß derselbe entweder *fest* oder *flüssig* oder *luftförmig* sein kann.

Diese eigenthümlichen Zustände der Materie, welche *Aggregatzustände* genannt werden, sind abhängig von den zwischen ihren Theilchen wirkenden Molekularkräften und von dem Einflusse der Wärme.

Zusammenhang. Wenn wir es versuchen, die Theilchen irgend eines 23
Körpers von einander zu trennen, so werden wir auf einen mehr oder weniger großen Widerstand stoßen. Daß diese Theilchen mit einer gewissen Stärke aneinander hängen und nicht auseinander fallen, schreiben wir einer besondern Molekularkraft zu und nennen dieselbe *Zusammenhang* oder *Cohäsion*.

Bei näherer Betrachtung finden wir als Eigenthümlichkeit dieser Kraft bestätigt, daß ihre Wirkung nur in *unmeßbar geringer Entfernung* sich thätig zeigt. Denn zerbrechen wir Holz, Metall oder Glas, so ist an den Stellen des Bruches der Zusammenhang aufgehoben und bleibt es, auch wenn wir die Bruchflächen noch so sorgfältig wieder aneinander legen. Nur bei solchen Körpern, deren Theilchen leicht beweglich sind, wie bei Flüssigkeiten, können dieselben einander so nahe gebracht werden, daß sie ihren Zusammenhang wieder erhalten.

Die Stärke, mit welcher die Theilchen eines Körpers zusammenhängen, ist durchaus von der Wärme abhängig, und zwar erscheint sie um so geringer, je größer die Wärme ist. Denkt man sich die gesammte Materie, welche die Erde ausmacht, ein paar tausendmal wärmer als siedendes Wasser, so würde der Zusammenhang zwischen allen Theilchen der Materie vollkommen aufgehoben sein. Wäre im Gegentheil die Wärme der Erde einige tausendmal geringer, so würden alle Theilchen der Materie so fest zusammenhängen, daß sie auf mechanische Weise von einander nicht getrennt werden könnten.

Bei der auf unserer Erde gewöhnlich herrschenden Wärme verhält es sich jedoch anders. Wir finden Körper, die eine bestimmte Gestalt haben, deren Theilchen sich nur durch Anwendung einer gewissen Gewalt von einander trennen lassen, und die wir *feste Körper* nennen; bei anderen lassen sich die Theilchen leicht verschieben oder trennen, es sind dies die *flüssigen Körper*, welche keine selbstständige Gestalt haben, sondern die der Gefäße annehmen, worin sie enthalten sind. Endlich giebt es Körper, deren Theilchen so weit von einander entfernt sind, daß ihr Zusammenhang vollkommen aufgehoben erscheint, und diese werden *luftförmige Körper* oder *Gase* genannt. Diese letzteren haben weder eine selbstständige Form noch ein bestimmtes Volumen, da letzteres, je nach dem auf sie von außen geübten Druck, beliebig vergrößert oder vermindert werden kann.

Nächst der Wärme ist die *Anordnung* der Theilchen von Einfluß auf die

Stärke ihres Zusammenhanges. Bekanntlich ist Holz leichter der Länge nach spaltbar als nach der Quere. Gehärteter Stahl ist zerbrechlicher als geschmiedeter.

Ausdrücke, welche verschiedene Grade des Zusammenhangs bezeichnen, wie hart, spröde, zähe, weich, dehnbar, knetbar, dickflüssig, dünn- oder leichtflüssig, bedürfen keiner besondern Erklärung.

24 **Krystallisation.** Eine besondere Eigenthümlichkeit der Kraft, welche den Zusammenhang der Körper bedingt, besteht noch darin, daß sie beständig dahin strebt, die kleinsten Theilchen der Materie mit einer bestimmten Gesetzmäßigkeit neben einander zu ordnen, so daß dadurch regelmäßige, von Flächen, Kanten und Ecken begränzte Körper entstehen, die man Krystalle nennt. Der Schnee, das Salz, der Kandiszucker dienen als bekannte Beispiele.

Eine Menge von Ursachen und namentlich einige andere Naturkräfte wirken jedoch der Krystallbildung störend entgegen, und wir werden erst später die Bedingungen verstehen lernen, unter welchen sie stattfindet.

25 **Elasticität.** Wenn ein Körper durch irgend eine äußere Gewalt zusammengedrückt wird, so zeigen seine Theilchen mehr oder weniger das Bestreben, ihre frühere Lage wieder einzunehmen.

Man bezeichnet diese Eigenschaft mit dem Namen Elasticität oder Federkraft und nennt daher die Körper elastisch.

Dieselben besitzen diese Eigenschaft jedoch in höchst ungleichem Grade. So nimmt z. B. eine gewisse Menge von Luft ihren ursprünglichen Raum augenblicklich und vollständig wieder ein, wenn dieselbe noch so stark und wiederholt zusammengedrückt wird. Die Luft ist daher vollkommen elastisch. Als sehr elastische Körper sind ferner anzuführen das Kautschuk oder Federharz, die Federn und Haare, das Fischbein, manche Holzarten und Metalle, namentlich der Stahl.

Bei vielen Körpern, wie z. B. Flüssigkeiten, Thon und anderen, läßt sich die Elasticität kaum oder nur unter besonderen Umständen wahrnehmen, und sie heißen im Gegensatze zu den anderen unelastische.

Wenn man auf eine mit Lampenruß überzogene Marmorplatte eine Kugel von Elfenbein ruhig hinlegt, so erhält sie an der aufliegenden Stelle nur ein schwarzes Pünktchen. Läßt man dagegen die Kugel auf die Tafel fallen, so erhält sie einen runden, schwarzen Fleck, der um so größer ist, je höher herab die Kugel fiel. Dies beweist, daß die Kugel im Augenblicke des Auffallens sich abplattet, aber sogleich vermöge ihrer Elasticität die Kugelgestalt wieder annimmt.

Der Bogen, die Armbrust und die Wurfgeschosse der Alten verdanken ihre Wirkungen der Elasticität.

Die ausgedehnteste Anwendung findet dieselbe jedoch in der Mechanik, und namentlich ist es die Elasticität der Drähte oder Streifen von Messing und Stahl, die Federn genannt werden, welche als bewegende Kraft eine allgemein verbreitete Wirksamkeit äußert. Solche Federn sind es, welche das Flintenschloß, Thürschloß und das Taschenmesser zuschlagen, und die gewundenen Federn oder

Spiralen verleihen unseren gepolsterten Möbeln ihre Springkraft und den Wagen die sanft schaukelnde Bewegung. Am meisten hervorgehoben wird jedoch die Wichtigkeit der Elasticität, wenn wir später zeigen, daß durch sie unsere sämmtlichen Taschenuhren und Pendeluhren ohne Gewicht in Bewegung gesetzt werden.

Festigkeit. Die relative Kraft, mit welcher ein Körper der Trennung 26
seiner Theilchen widersteht, nennt man seine Festigkeit.

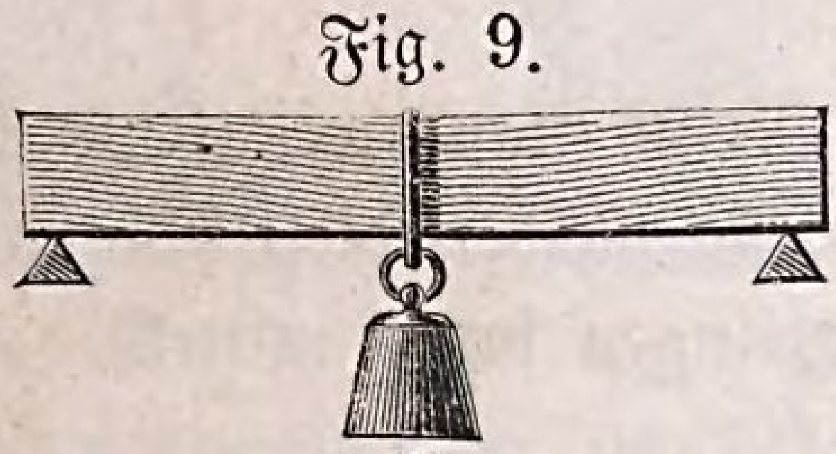
Unter absoluter Festigkeit versteht man die Kraft, mit welcher ein Körper dem Zerreißen widersteht, wenn er der Länge nach angespannt wird. Wie leicht einzusehen, wächst dieselbe mit dem Querschnitt des zu zerreißenden Körpers. Für manche praktische Zwecke war es wichtig, diese Kraft zu ermitteln, und man hat gefunden, daß ein Gewicht von 82 Pfund erforderlich ist, um einen Eisendraht von einem Quadratmillimeter Querschnitt zu zerreißen. Bei gleich starkem Durchmesser sind an Zollvereinspfunden erforderlich zur Zerreißung der nachfolgenden Körper: Kiefernholz 20; Weißtanne 12 bis 18; Eichenholz 23 bis 29; Buchenholz 27 bis 31; Kupferdraht 55; Messingdraht 71; Golddraht 93; Bleidraht 5; Silberdraht 68; Glasstäbe oder Röhren 3 bis 5; Hanfseile 7 bis 13. Hohle Körper, z. B. Röhren, besitzen eine größere Festigkeit als massive Cylinder von gleichem Gewicht und gleicher Länge; daher gewähren die röhrenförmigen Knochen den Vortheil, daß sie bei geringem Gewicht doch eine große Festigkeit besitzen.

In Fällen, wo aus diesen Angaben eine praktische Anwendung gemacht werden soll, darf der Sicherheit wegen doch nur der dritte Theil der angegebenen Tragkraft angenommen werden.

Unter relativer Festigkeit versteht man den Widerstand, den ein Körper beim Zerbrechen leistet. Bei den zur Ermittelung derselben angestellten Versuchen hat man verschiedene Fälle ins Auge zu fassen:

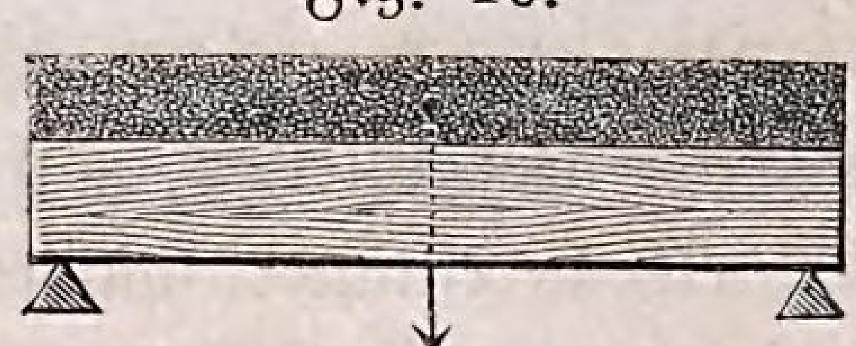
1) Die beiden Enden eines Trägers sind unterstützt und entweder festgehalten oder nicht. In jedem der beiden Fälle kann die Belastung entweder in der Mitte angebracht oder über den ganzen Träger gleichförmig vertheilt sein (Fig. 9 bis 12). Das Verhältniß der Tragkräfte ist aus den beistehenden Figuren zu ersehen, wo P die in der Mitte wirkende Last bezeichnet, welche der an

Fig. 9.



P

Fig. 10.



2P

beiden Enden unterstützte Balken zu tragen vermag (Fig. 9). Die Tragkraft ist nämlich zweimal so groß, wenn die Last gleichförmig vertheilt ist (Fig. 10); ebenso ist sie zweimal so groß, wenn die Last in der Mitte wirkt, die beiden Enden des Trägers festgehalten sind (Fig. 11), und sie ist dreimal so groß, wenn überdies die Kraft gleichförmig über den Träger vertheilt ist (Fig. 12).

2) Ist bloß das eine Ende des Trägers unterstützt und festgehalten, so kann die Last entweder am freien Ende wirken oder gleichmäßig über die ganze Länge des Trägers vertheilt sein (Fig. 13 u. 14). Im letzten Falle ist die Tragkraft noch einmal so groß, als im ersten.

Fig. 11.

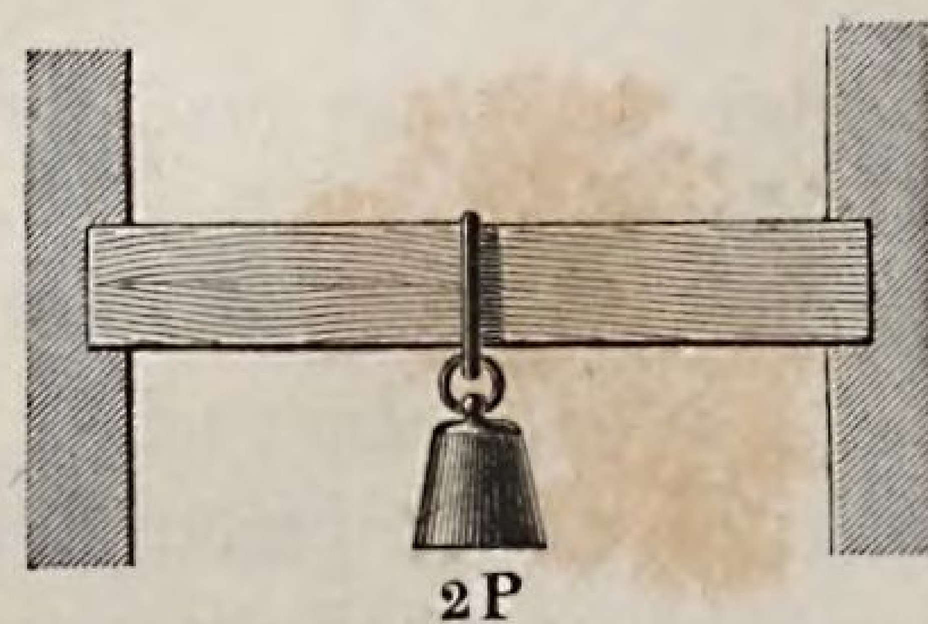


Fig. 12.

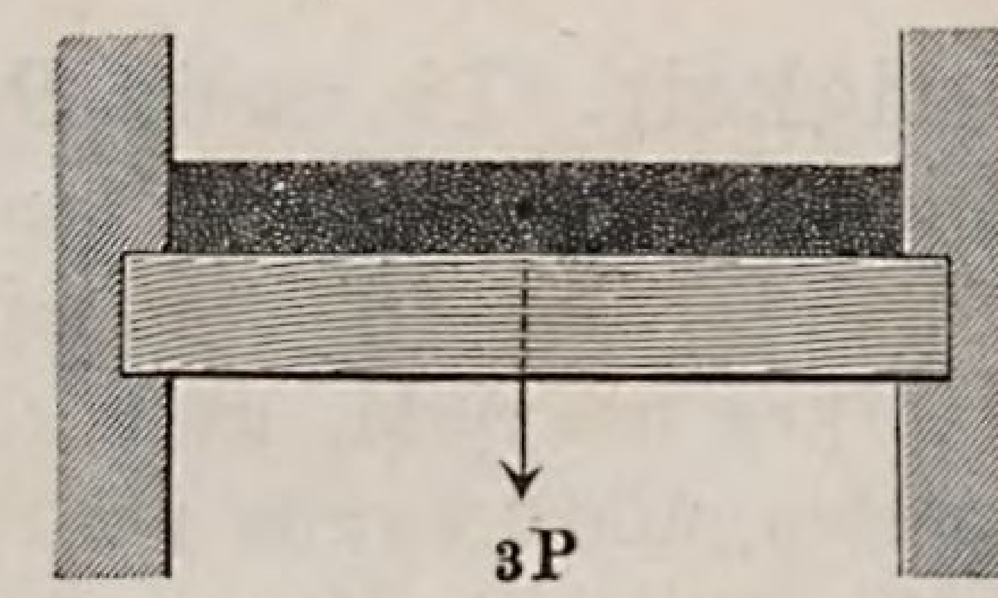


Fig. 13.

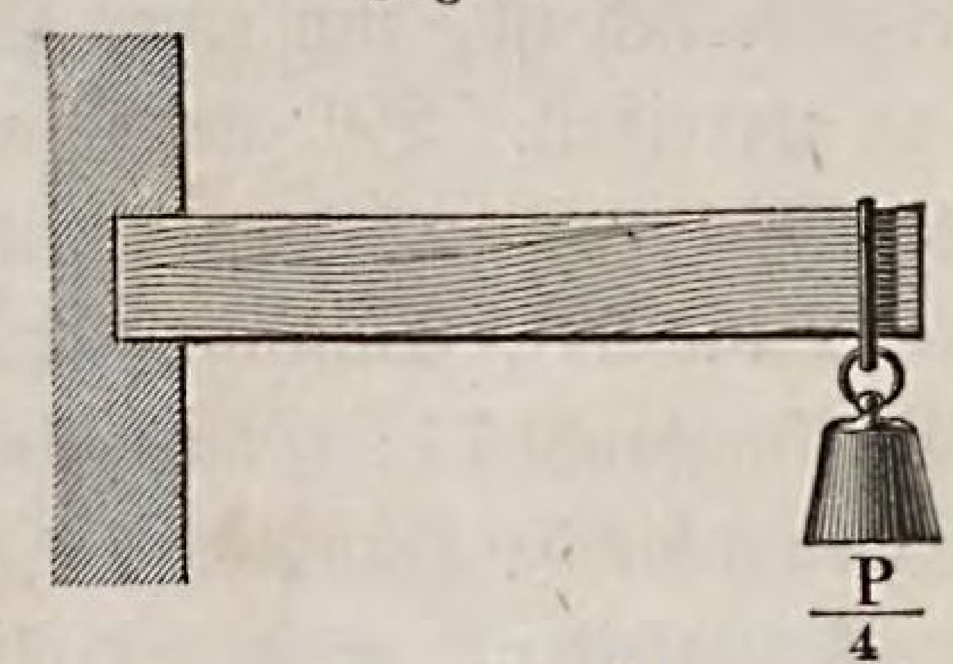
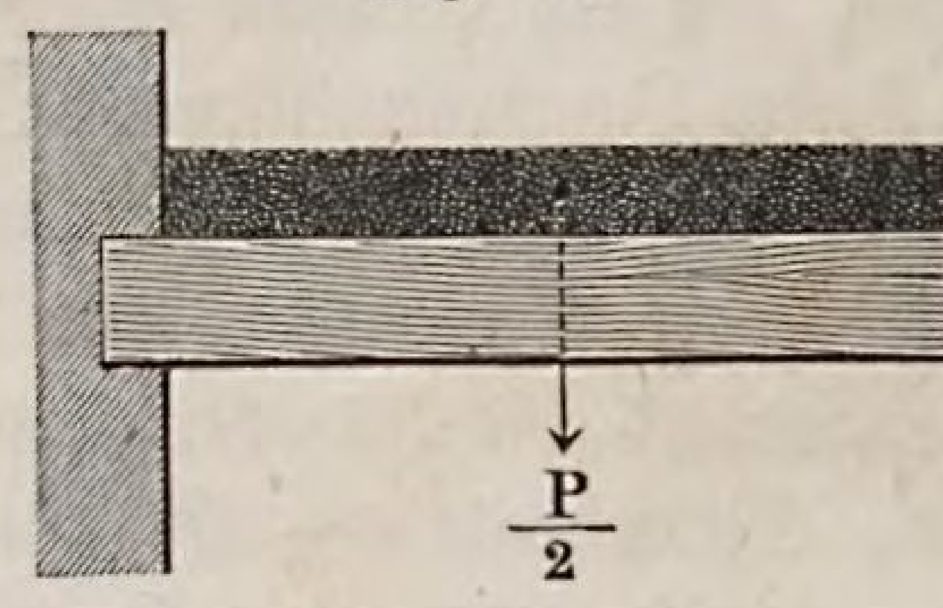
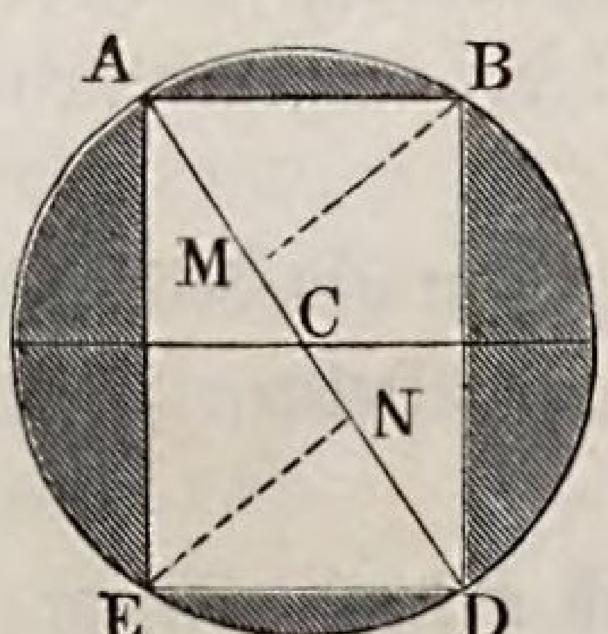


Fig. 14.



Aus Schlüssen, die bei Betrachtung der Gesetze des Hebels erläutert werden, ergiebt es sich, daß die zum Abbrechen nöthige Kraft im geraden Verhältniß der Breite des Balkens und des Quadrates seiner Höhe wächst, sich aber umgekehrt verhält wie seine Länge.

Fig. 15.



Um aus einem Baumstamme einen Balken zu erhalten, welcher die größtmöglichste Stärke besitzt, theile man den Durchmesser seiner Grundfläche in drei gleiche Theile, errichte in den Theilpunkten die Senkrechten BM und EN und bilde das Rechteck $ABDE$ (Fig. 15), so ist dies der Querschnitt des verlangten Balkens. Seine Tragkraft ist am größten, wenn er auf die schmale Seite ED gelegt wird.

Unter **rückwirkender Festigkeit**, **Drehungs-** oder **Torsionsfestigkeit** versteht man den Widerstand, welchen die Körper gegen das Zerdrücken oder Zerdrehen leisten.

27 **Anhangkraft oder Adhäsion.** Wenn man zwei ebene Platten, z. B. von Glas oder Metall, auf einander legt, so bleiben dieselben mit einer gewissen Stärke an einander hängen, so daß es gelingen kann, mittels der einen Platte die andere in die Höhe zu heben.

Ueberhaupt lehrt die Beobachtung, daß, wenn irgend zwei Körper mit einander in Berührung kommen, so hängen sie mehr oder weniger stark an einander.

Man erklärt dieses dadurch, daß die an der Oberfläche des einen Körpers liegenden Theilchen eine Anziehung auf die des andern Körpers ausüben. Je mehr kleine Theilchen daher mit einander in Berührung kommen, desto stärker ist auch die Anziehung. In der That zeigen zwei Kugeln, die sich nur in einem

Punkte berühren, keine merkliche Anziehung, während Platten um so fester an einander haften, je größer und je ebener ihre Oberflächen sind.

Diese zwischen den Oberflächen verschiedener Körper wirkende Anziehung heißt **Anhangkraft** (Adhäsion), und wirkt ebenfalls nur in höchst kleinen Entfernungen. Uebrigens findet sie nicht allein zwischen festen Körpern, sondern wechselseitig zwischen festen, flüssigen und luftförmigen Statt und namentlich hängt die Luft mit großer Hartnäckigkeit an der Oberfläche der festen Körper. Das Anhängen der Flüssigkeiten an festen Körpern heißt **Benetzung**. Das Malen, Tünchen, Kleben, Leimen, Kitten u. a. m. sind Anwendungen der Anhangkraft zu praktischen Zwecken.

Auffallend ist es dagegen, daß manche Flüssigkeiten weder an festen Kör- 28
pern, noch an anderen Flüssigkeiten anhängen. Taucht man z. B. einen Glasstab in Wasser oder Oel, so bleibt von beiden etwas an demselben hängen, während dies bei Quecksilber nicht geschieht. Bestreicht man Glas mit Fett, so wird es nachher von Wasser nicht benetzt. Oel und Wasser vermischen sich nicht. Ja, es scheint, als ob zwischen den Theilchen des Glases und Quecksilbers und denen des Oeles und Wassers nicht nur keine Anziehung, sondern vielmehr eine Abstoßung stattfinde. Wenn wir jedoch von der Annahme ausgehen, daß der Zusammenhang der Theilchen einer Flüssigkeit unter sich größer sein kann, als ihr Anhang an einen andern flüssigen oder festen Körper, so erklären sich jene Erscheinungen, ohne daß wir nöthig haben, sie einer besondern abstoßenden Kraft zuzuschreiben.

Taucht man daher eine Glasröhre in Wasser und eine andere in Quecksilber, 29
so werden beide Flüssigkeiten in den Röhren keine vollkommene Ebene bilden, sondern das Wasser steigt vermöge seines Anhanges an Glas an dessen Wänden in die Höhe und erhält dadurch eine Vertiefung wie in Fig. 16, während das an dem Glase nicht anhängende Quecksilber eine halbkugelige Erhöhung, Fig. 17, bildet.

Fig. 16.

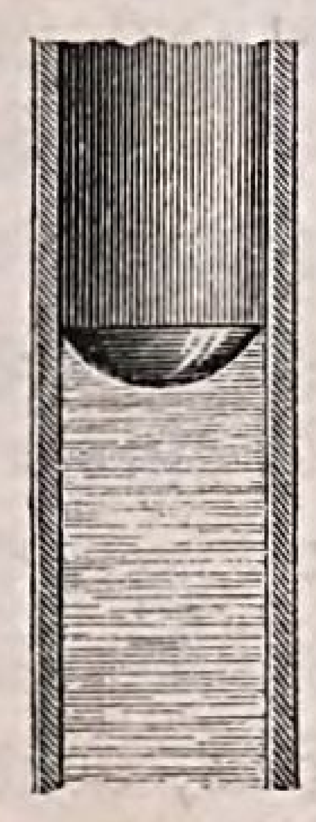


Fig. 17.

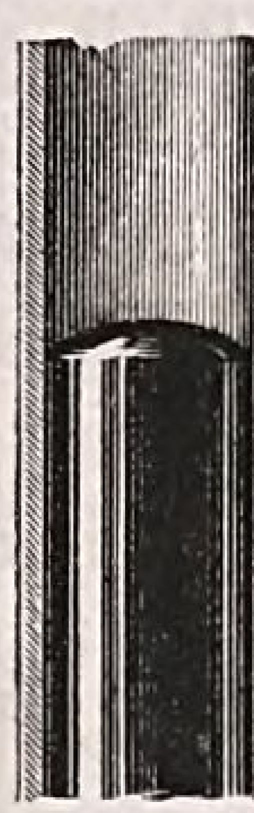


Fig. 18.

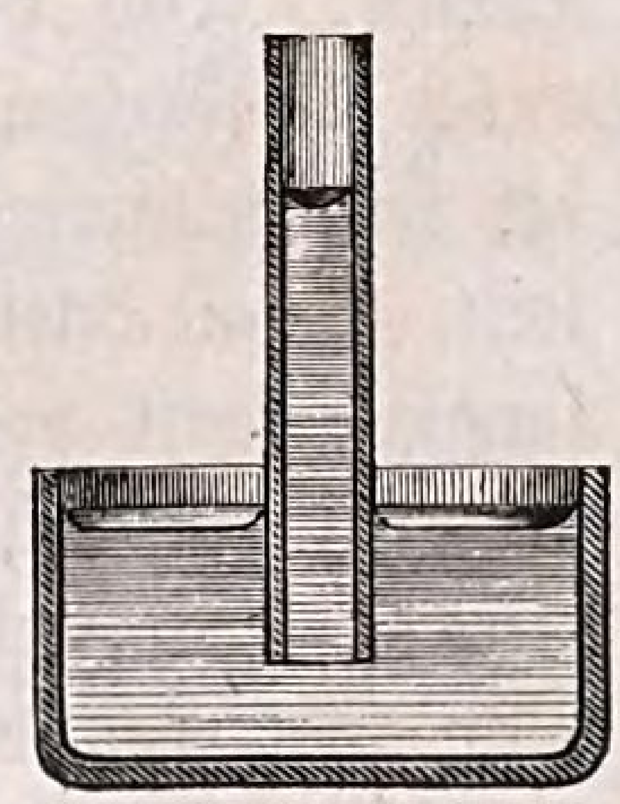
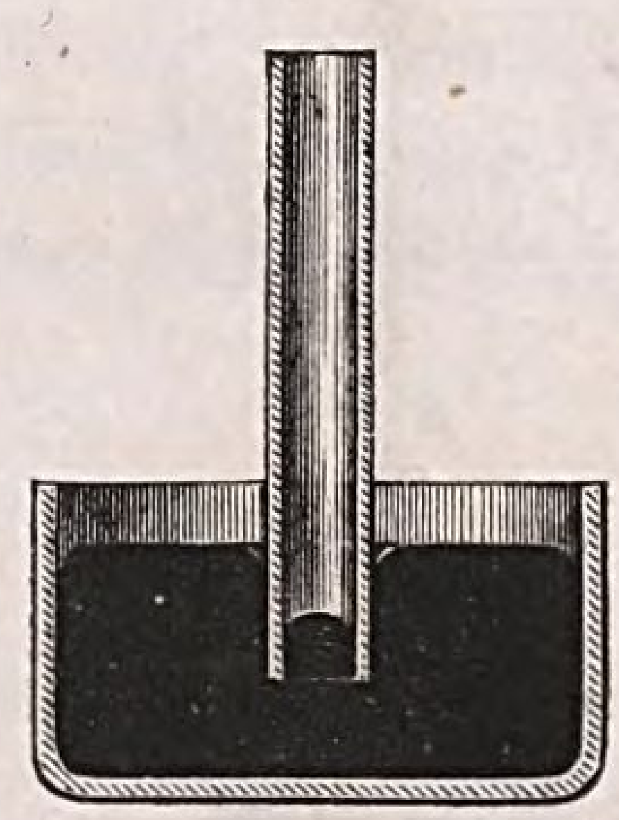


Fig. 19.



Nimmt man aber zu diesem Versuche enge Röhren, so erhebt sich das Wasser nicht nur an dem Rande, sondern es steigt in der Glasröhre in die Höhe, während das Quecksilber innerhalb der Röhre bedeutend tiefer steht als außerhalb derselben (Fig. 18 u. 19).

Sehr enge Röhrchen werden **Haarröhrchen** genannt, und man hat daher die Kraft, mit welcher Flüssigkeiten in denselben aufsteigen, **Haarröhrchenkraft** (Capillarität) genannt.

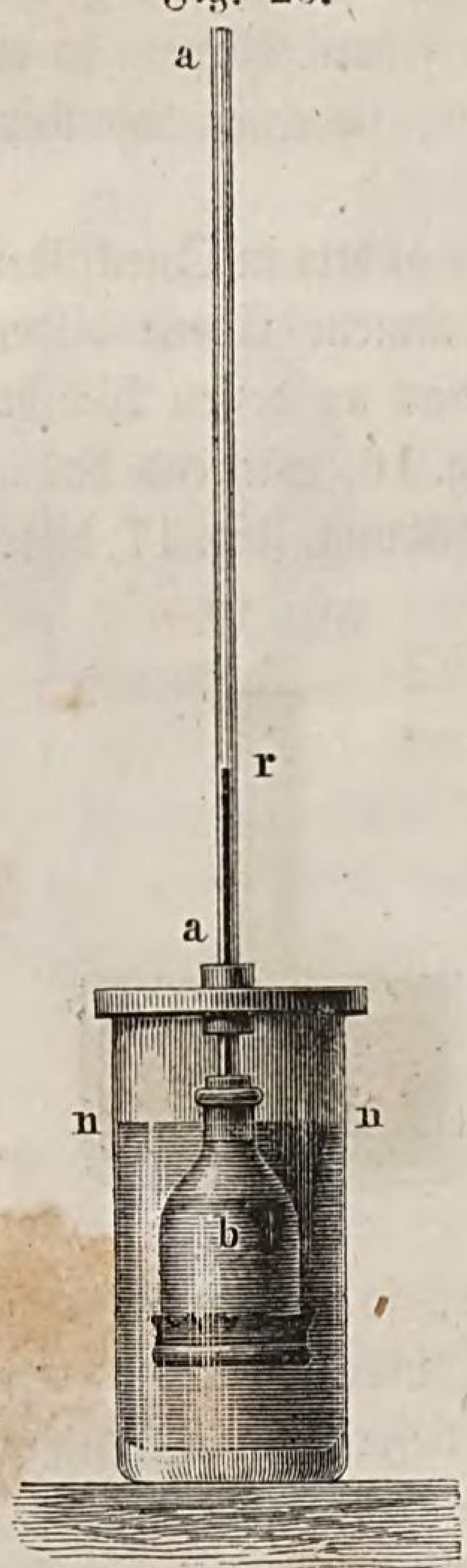
Flüssigkeiten steigen in Haarröhrchen um so höher, je enger dieselben sind,

und es ist gleichgültig, aus welchem Stoffe sie bestehen, wenn sie nur von den Flüssigkeiten benetzt werden. Daher sehen wir denn, daß poröse Körper mit großer Kraft Flüssigkeiten aufsaugen und zurückhalten, da Poren ja nichts anderes vorstellen, als eine unzählige Menge unregelmäßig zusammengehäufter Haarröhrchen.

Weißer Zucker, Holz, Sandstein, ja ein Haufen Sand oder Asche zeigen diesem entsprechende Erscheinungen. Mauern aus porösen Steinen, die in nassem Boden stehen, bleiben immer feucht, und ein Haufen trockenen Sandes wird unter denselben Umständen schnell bis an seinen Gipfel von Wasser durchzogen. Die Eigenschaft des Lampendochts und des Fließpapiers, Oel und Wasser aufzusaugen, und eine Menge anderer Erscheinungen erklären sich durch dieselbe Art der Anziehung.

30 **Endosmose.** Wenn zwei verschiedene Flüssigkeiten von einander getrennt sind durch eine poröse Scheidewand, z. B. Blase oder ungebrannten Thon, so wird diese allmälig von beiden Flüssigkeiten durchdrungen. Das Eigenthümlichste hierbei ist, daß solche Wände nicht jede Flüssigkeit mit gleicher Leichtigkeit durchlassen. Es werde z. B. eine Flasche ohne Boden *b*, Fig. 20, mit Blase verbunden, mit einer Mischung von Eiweiß und Wasser angefüllt, oben eine Glasröhre *aa* aufgesetzt und diese Vorrichtung in ein Gefäß mit Wasser *nn* gesenkt, so wird man wahrnehmen, daß nach einiger Zeit die Flüssigkeit bis *r* und weiter aufsteigt, ja endlich sogar oben ausfließt, ganz entgegen dem Gesetz der Schwere. Aehnlich würde die Erscheinung ausfallen, wenn man das innere Gefäß mit Weingeist, das äußere mit Wasser, oder ersteres mit einer Auflösung von blauem Kupfervitriol anfüllt, letzteres mit Wasser. Im letztgenannten Falle läßt sich schon durch die Färbung leicht erkennen, daß auch ein Theil der Kupferlösung von Innen nach Außen zum Wasser tritt. Man erkennt, daß diese eigenthümliche Durchsaugungskraft poröser Körper, die Endosmose genannt wurde, sich den Erscheinungen der Haarröhren anreiht. In welcher Weise dieselbe stattfinde, hängt nicht bloß von der Natur der Flüssigkeiten, sondern auch der Scheidewand ab. Durch eine Haut aus Kautschuk wandert Weingeist leichter als Wasser; bei Anwendung von Blase ist es umgekehrt.

Fig. 20.

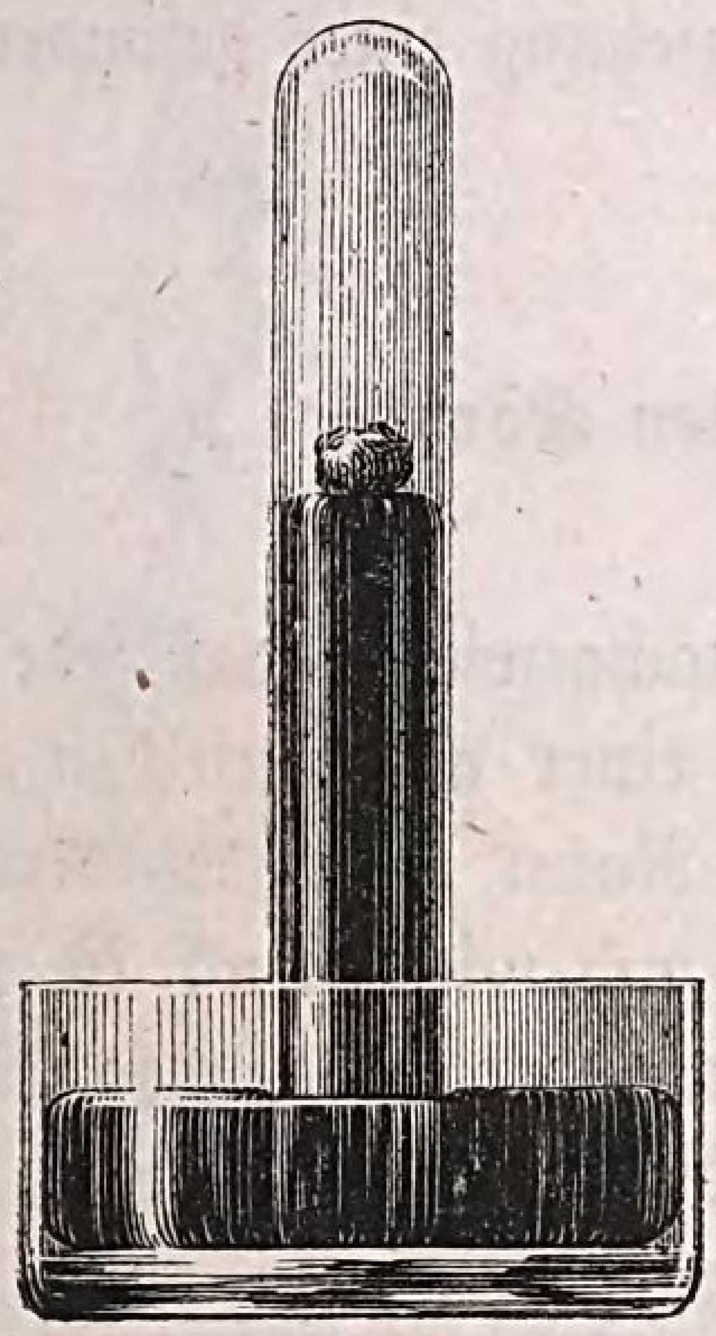


Diese Erscheinungen haben in hohem Grade die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich gezogen, weil Vorgänge der Art es sind, welche den größten Antheil an der Bewegung der Säfte im Körper der Thiere und Pflanzen haben, Bewegungen, die sich sonst nicht erklären lassen, wie z. B. das Aufsteigen des

Saftes in Bäumen, welches durch fortwährende Endosmose von einer dünnwandigen Pflanzenzelle zur andern geschieht.

Absorption der Gase. Daß auch zwischen den luftförmigen Körpern, den Gasen, und den festen Körpern eine gegenseitige Anziehung stattfinde, läßt sich aus mehrfachen Erscheinungen nachweisen. Gießt man z. B. Wasser in ein Glasgefäß, so wird aus diesem allerdings die Luft verdrängt. Allein sobald man dieses Glasgefäß auf den warmen Ofen stellt, so sieht man allmälig den ganzen innern Boden desselben mit kleinen Luftbläschen, gleich Perlen, sich bedecken. Dieselben rühren von der Luft her, welche durch die Anziehung der Glaswand zurückgehalten wurde und jetzt durch die Wärme ausgedehnt zum Vorschein kommt. 31

Fig. 21.



Noch auffallender ist jedoch der folgende Versuch. Zu Kohlensäure, die in einem Glascylinder, Fig. 21, durch Quecksilber abgesperrt ist, bringt man ein Stückchen frisch ausgeglühter Holzkohle. Letztere übt nun auf die gasförmige Kohlensäure eine solche Anziehung, daß sie dieselbe verdichtet und gleichsam verschluckt, was man alsbald an der Abnahme des Gases und dem Steigen des Quecksilbers erkennt. Kohle absorbirt ihr zwanzigfaches Volumen Kohlensäure. Wir müssen uns vorstellen, daß die Oberfläche aller festen Körper mit einer Schicht verdichteter Luft überzogen ist. In der Chemie werden wir noch auffallendere Beispiele der Art kennen lernen und bemerken hier, daß die Selbstentzündung feingepulverter Kohle in Pulverfabriken ihren Grund in der Absorption von Sauerstoff hat. Von Flüssigkeiten werden die Gase in noch höherem Grade absorbirt. Doch verhalten sich nicht alle Luftarten gleich. Während von gewöhnlicher Luft das Wasser nur 18 Tausendtheile seines eigenen Volumens verschluckt, kann es ein 500faches Volumen Salzsäuregas und ein 700faches Volumen Ammoniakgas aufnehmen.

III. Gleichgewicht und Bewegung.

Wir werden in diesem Abschnitte unserer Betrachtung eine Reihe von Erscheinungen unterwerfen, die zu den alltäglichsten und gewöhnlichsten gehören und gerade deshalb unsere besondere Aufmerksamkeit verdienen. Hierzu rechnen wir vor Allem die Bewegung, welche belebend durch die ganze Natur geht, vom brausenden Sturmwinde bis zum Taktschlage unseres Pulses, und zu deren Erzeugung wir alle Wissenschaft und Kunst aufbieten, vom pfeilschnellen Dampfwagen bis zum schleichenden Zeiger der Uhr. 32

Fassen wir aber irgend eine Bewegung näher ins Auge, so drängen sich uns sogleich drei Fragen auf: Was ist die Ursache der Bewegung — was wird bewegt — und wie findet die Bewegung Statt? Hieraus ergiebt sich die Anordnung des Lehrstoffs. Vorerst werden wir von den Ursachen der Bewegung oder von den Kräften sprechen. Sodann wird gezeigt, daß die Bewegungserscheinungen sehr verschiedener Art sind, je nach dem Zustande der Körper, so daß feste, flüssige und luftförmige Stoffe in dieser Beziehung einer gesonderten Betrachtung zu unterwerfen sind.

A. Gleichgewicht und Bewegung der festen Körper.

33 **Von den Kräften.** Bereits in §. 5 wurde nachgewiesen, daß jede an einem Körper wahrgenommene Erscheinung die Folge einer auf denselben einwirkenden Kraft ist. Das eigentliche Wesen der in der Natur wirkenden Kräfte ist uns gänzlich unbekannt. Was wir darüber wissen und mittheilen, ist nur der möglichst genaue Ausdruck für die unseren Sinnen sich darstellenden Wirkungen derselben. Doch müssen wir uns wohl hüten, die Kräfte als etwas für sich Bestehendes und so auf die Materie Einwirkendes zu denken, wie etwa der menschliche Wille die Bewegungen unseres Leibes bestimmt. Die Kraft ist mit der Materie unzertrennlich verbunden. Wo Materie vorhanden ist, äußert sie sich gleichzeitig als Kraft, und umgekehrt, wo die Wirkung einer Kraft sich fühlbar macht, da ist auch ein Körper, von welchem sie herrührt, und ein weiterer, auf den sie einwirkt; ohne dieses würden wir weder von Kraft noch von Materie überhaupt etwas wissen.

34 Nichtsdestoweniger können für unsern Zweck die Kräfte einer gesonderten Betrachtung unterworfen werden, und hier geschieht dies mit solchen Kräften, welche wir als die Ursachen der verschiedenen Bewegungserscheinungen ansehen.

Deren sind mancherlei. So z. B. ist die Schwerkraft (§. 14) in den meisten Fällen die alleinige oder die mitwirkende Ursache der Bewegungserscheinungen. Als weitere bewegende Kräfte kennen wir die magnetische und elektrische Anziehung, die ausdehnende Kraft der Wärme, sowie diejenige Kraft, mit welcher Menschen und Thiere nicht nur den eigenen, sondern auch fremde Körper in Bewegung zu setzen vermögen, und welche im Innern der Pflanzen- und Thierkörper die eigenthümlichen Lebenserscheinungen veranlaßt.

Für die allgemeinen Bewegungsgesetze ist es jedoch ganz einerlei, von welcher Ursache die Bewegung ausgeht.

35 Die Größe einer Kraft wird erkannt aus ihrer Wirkung. Diese äußert sich keineswegs in jedem Falle als Bewegung. Ein Stein, der auf dem Tische liegt oder an einem Faden aufgehängt ist, übt einen Druck oder einen Zug aus in Folge der auf ihn wirkenden Schwerkraft, und wir besitzen mehrfache Mittel, diese Wirkung zu messen. Denken wir uns einen starken Streifen von elastischem Stahl, wie dergleichen zu Bogen und Armbrust verwendet werden, so ist eine Kraft um so größer, je stärker sie den Streifen zu biegen vermag. Schon

in der alten Erzählung zeigt uns Homer, wie der Held Ulysses mehr Kraft besaß, als die Freier, indem diese seinen Bogen nicht zu spannen vermochten.

Wir sehen in Fig. 22 und 23 solche winkelförmig gebogene Stahlfedern, sogenannte **Kraftmesser** (Dynamometer), an welchen verschiedene Kräfte verglichen werden können, z. B. Menschen- oder Pferdekräfte mit Gewichten.

Fig. 22.

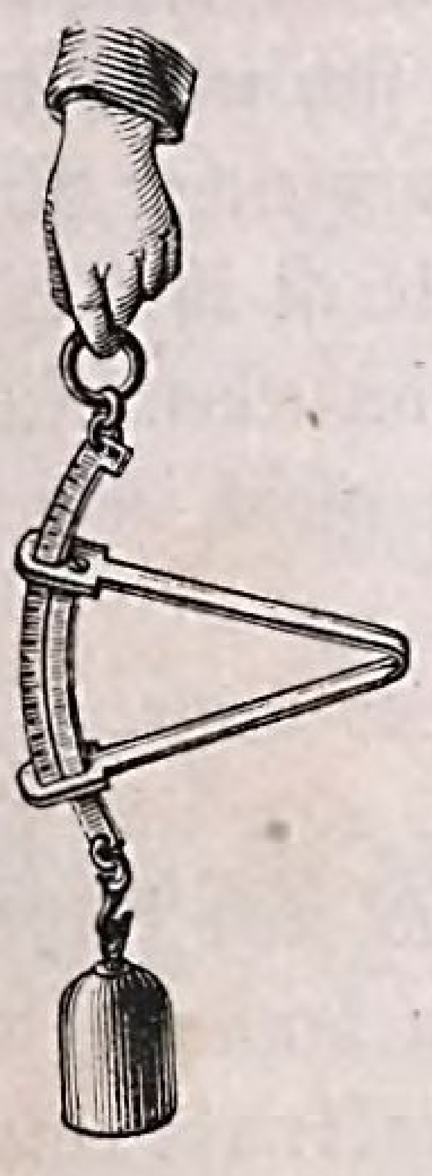
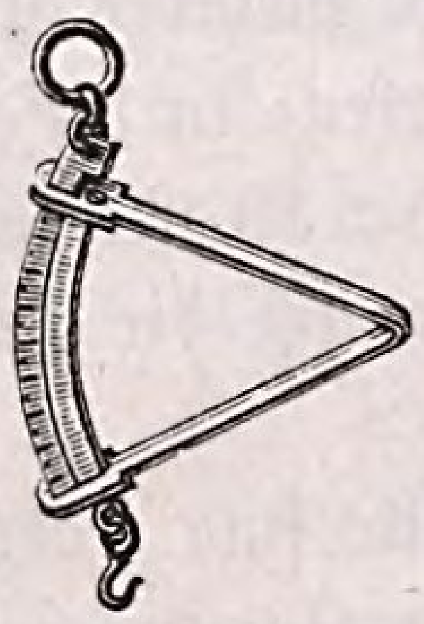


Fig. 23.



In denjenigen Fällen, wo die Wirkung einer Kraft sich als Bewegung äußert, müssen sowohl die Masse, d. h. das Gewicht, als auch die Geschwindigkeit des bewegten Körpers in Rechnung gezogen werden, um die Größe der Kraft auszudrücken. Zwei Kräfte sind gleich, wenn sie gleichen Massen gleiche Geschwindigkeit ertheilen, oder wenn die Massen sich umgekehrt verhalten wie die denselben verliehenen Geschwindigkeiten. Dieses ist der Fall, wenn die Zahlen gleich sind, die durch Multiplication einer jeden Masse mit ihrer Geschwindigkeit erhalten werden. Z. B. die Masse 4 hat die Geschwindigkeit 2; und die Masse 2 hat die Geschwindigkeit 4. In beiden Fällen ist das Product der Multiplication = 8, folglich wirkten gleiche bewegende Kräfte.

Man bezeichnet als **mechanisches Kraftmoment das Product aus der Masse eines bewegten Körpers mit seiner Geschwindigkeit.**

Die Leistungen von Maschinen vergleicht man in der Regel, indem man die Gewichte ausdrückt, welche sie in einer bestimmten Zeit auf eine gewisse Höhe zu heben im Stande sind. Als Einheit dient das **Meterkilogramm** (mk.), worunter man diejenige Kraft versteht, welche innerhalb einer Secunde 1 Kilogramm ein Meter hoch hebt, oder das **Fußpfund**, entsprechend einer Kraft, die 1 Pfund in einer Secunde einen Fuß hoch hebt. So z. B. ist die Arbeitskraft eines Mannes gleich $9^{mk.}$ oder 62 Fußpfunden; eine Pferdekraft ist gleich $75^{mk.}$ oder 480 Fußpfunden.

a. Vom Gleichgewicht der Kräfte.

Wenn gleichzeitig mehrere Kräfte auf einen Körper wirken, ohne daß in 36
dem Zustande desselben irgend eine Aenderung bemerklich wird, so müssen sich ihre Wirkungen gegenseitig aufheben, und man sagt in diesem Falle: **die Kräfte halten einander das Gleichgewicht**, oder der Körper befindet sich im Gleichgewicht. Es ist gleichgültig, ob hierbei der Körper sich im Zustande der Ruhe oder der Bewegung befindet. Gelangt z. B. eine mit gleichförmiger Geschwindigkeit laufende Locomotive an eine Steigung und erhält gleichzeitig ihre Dampfkraft eine diesem Hinderniß genau entsprechende Verstärkung, so setzt sie den Weg mit ihrer bisherigen Geschwindigkeit fort — es ist, als ob beide Kräfte gar nicht vorhanden wären, da sie einander das Gleichgewicht halten.

Von dem Gleichgewichte der Körper wird in dem Abschnitte vom Schwerpunkte noch weiter die Rede sein.

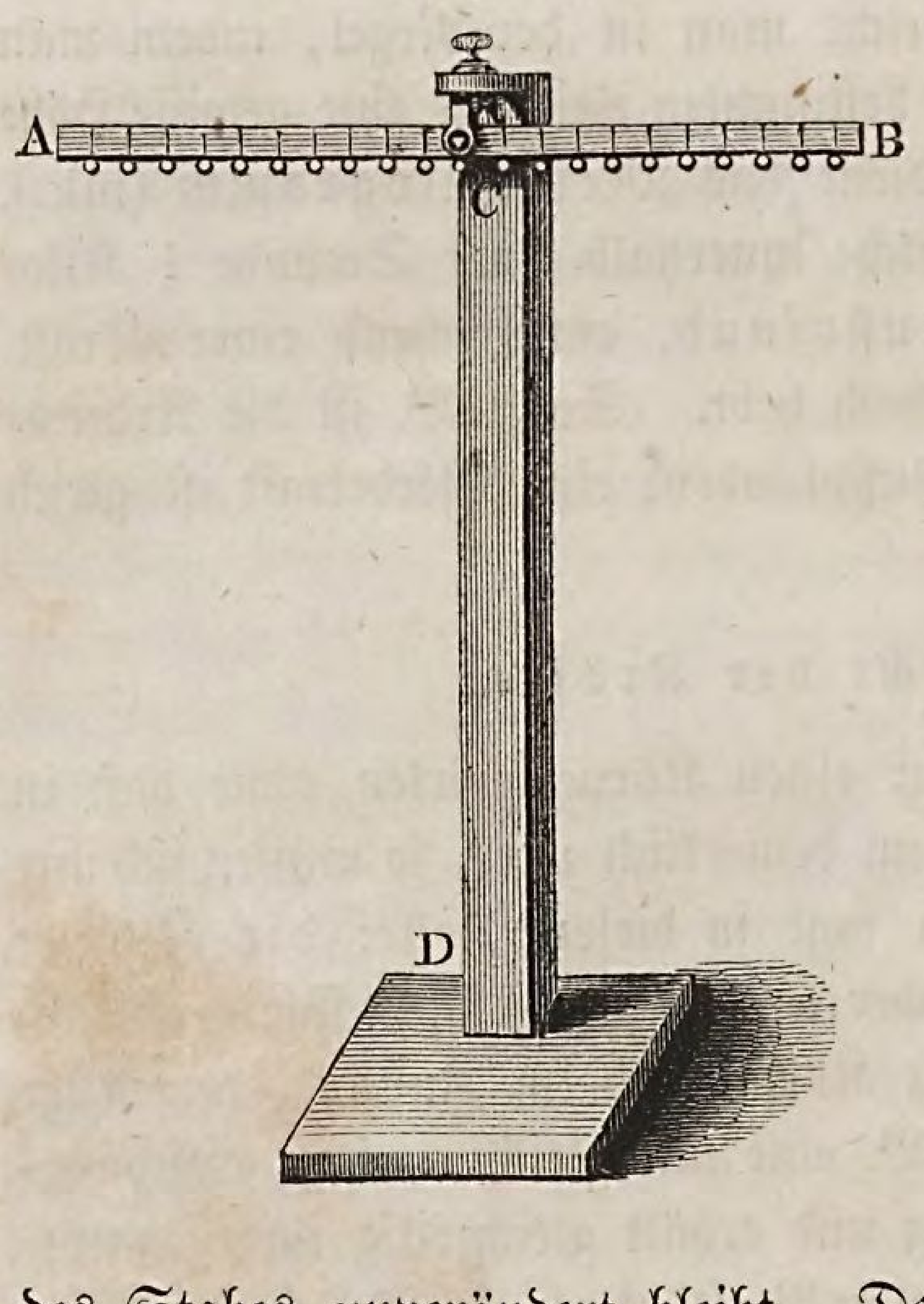
37 **Zusammensetzung der Kräfte.** Man sieht leicht ein, daß in den meisten Fällen die Wirkung, welche mehrere gleichzeitig auf einen Körper gerichtete Kräfte zusammen hervorbringen, durch eine einzige Kraft ersetzt werden kann. Die Zugkraft mehrerer Menschen läßt sich durch die eines Pferdes und die Leistungen vieler Pferde lassen sich durch eine Dampfmaschine ersetzen. Bei der gleichzeitigen Einwirkung verschiedener Kräfte lassen sich jedoch mehrere Fälle wohl unterscheiden. Es können z. B. mehrere Kräfte in gleicher Richtung und gleichem Sinne auf einen Körper wirken; in diesem Falle ist ihre Wirkung natürlich gleich ihrer Summe. Greifen die Kräfte zwar in derselben Richtung, jedoch in entgegengesetztem Sinne an, so muß die Wirkung gleich sein ihrem Unterschiede.

Weitere und zwar sehr wichtige Fälle sind jedoch die, wo mehrere Kräfte entweder in paralleler Richtung auf einen Körper einwirken, oder so, daß sie mit einander einen Winkel bilden. Indem wir nachfolgend diese Fälle einer ausführlichen Betrachtung unterwerfen, werde im Allgemeinen bemerkt, daß die Kraft, welche mehrere andere Kräfte genau ersetzt, die Mittelkraft oder Resultirende genannt wird, während jene ersetzten Kräfte als die Seitenkräfte oder Componenten bezeichnet werden.

Resultante
Component

38 **Parallel gerichtete Kräfte.** Ein hölzerner Stab *AB*, Fig. 24, ist in der Mitte mit einer Achse von Stahl versehen, deren Schneide auf einem passenden Gestell *CD* so ruht, daß der Stab sich frei um die Achse drehen kann. Derselbe ist in eine Anzahl gleicher Theile eingetheilt und genau unter jedem Theilstriche ist ein kleiner Ring angebracht. Sich selbst überlassen nimmt der Stab eine vollkommen horizontale Lage ein. Als parallel wirkende Kräfte bedienen wir uns einer Anzahl von Gewichten, die einander ganz gleich und oben und unten mit kleinen Häkchen versehen sind. Schreiten wir nun zu einer Reihe von Versuchen.

Fig. 24.



Wir hängen zwei Gewichte an zwei beliebigen Punkten des Stabes, jedoch gleich weit von seinem Mittelpunkte, z. B. an dem je vierten Häkchen, Fig. 25, auf und sehen, daß die wagrechte Lage des Stabes unverändert bleibt. Dasselbe findet Statt, wenn man beide Gewichte unter einander am Mittelpunkte aufhängt, Fig. 26. Auch können wir mittels eines Kraftmessers (s. §. 35) zeigen, daß diese beiden Kräfte genau den=

selben Druck auf die Unterlage ausüben, mögen sie am Mittelpunkte oder in irgend welchen gleichen Entfernungen davon aufgehängt sein.

Fig. 25.

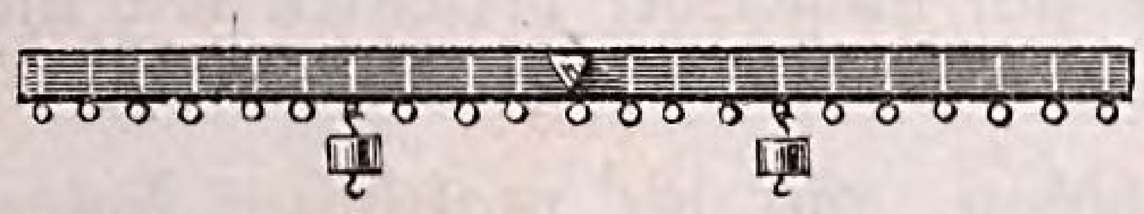
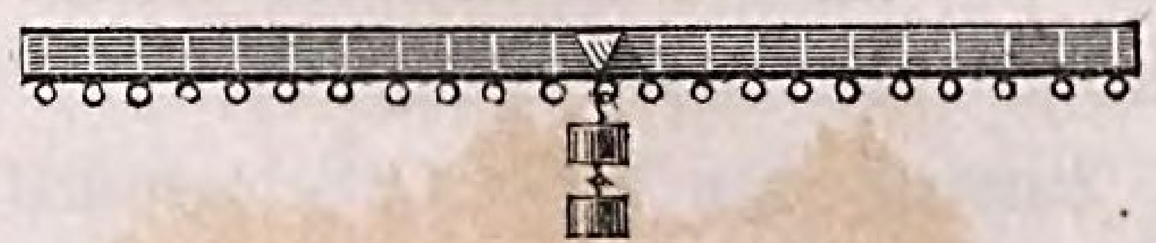


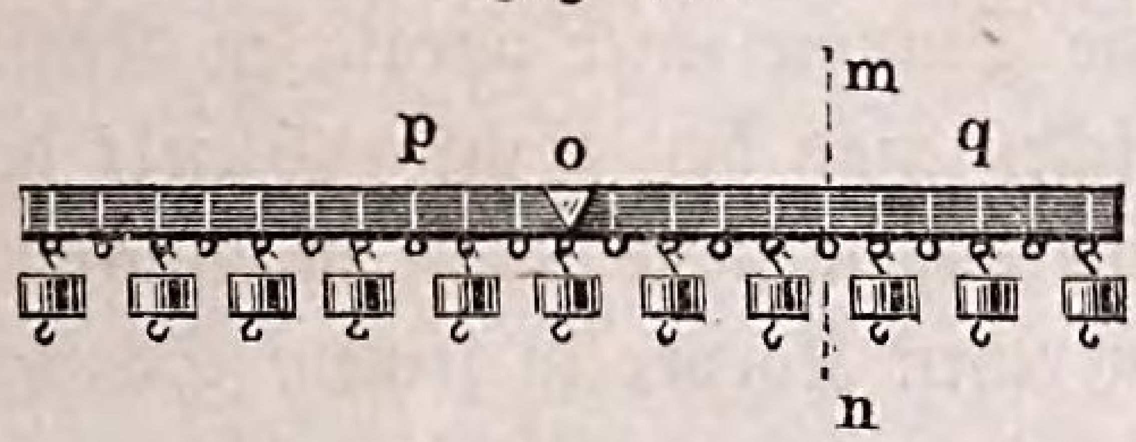
Fig. 26.



Wir schließen hieraus: daß zwei gleiche und parallele Kräfte ersetzt werden können durch eine Mittelkraft, welche gleich ist ihrer Summe und im Mittelpunkte der sie verbindenden Linie angreift; ferner, daß zwei gleiche und parallele Kräfte sich im Gleichgewichte befinden, wenn sie in gleichen Entfernungen von dem Stützpunkte oder Drehpunkte eines geraden Stabes wirken.

Dieses Gesetz wird man auch bestätigt finden, wenn man, wie in Fig. 27, eine ganze Anzahl von Gewichten, und zwar immer je zwei in gleicher Entfernung vom Stützpunkte *o*, aufhängt; nachher aber je zwei der in gleicher Entfernung befindlichen an ihrem Mittelpunkte *o* vereinigt, wie Fig. 28 dies veranschaulicht.

Fig. 27.



Denken wir uns jedoch den Stab durch die Linie bei *mn* in Fig. 27 in zwei ungleiche Theile getheilt, so muß sich offenbar für jeden Theil eine Mittelkraft für die an ihm wirkenden Kräfte anbringen lassen. Die drei Gewichte des kürzern Theils werden an ihrem Mittelpunkte bei *q*, Fig. 29, vereinigt dieselbe Wirkung ausüben, wie vorher; ebenso werden sich die acht Gewichte des längern Theils in ihrem bei *p* liegenden Mittelpunkte vereinigen lassen, ohne Aenderung ihrer Wirkung. Wir erblicken jetzt an dem Stabe zwei ungleiche Kräfte in Thätigkeit, die sich vollkommen im Gleichgewicht halten. Dabei fällt uns jedoch als besonders merkwürdig der Umstand ins Auge, daß die kleinere Mittelkraft 3 um 8 Theile, die Mittelkraft 8 aber nur um 3 Theile von *o* entfernt angreift.

Fig. 28.

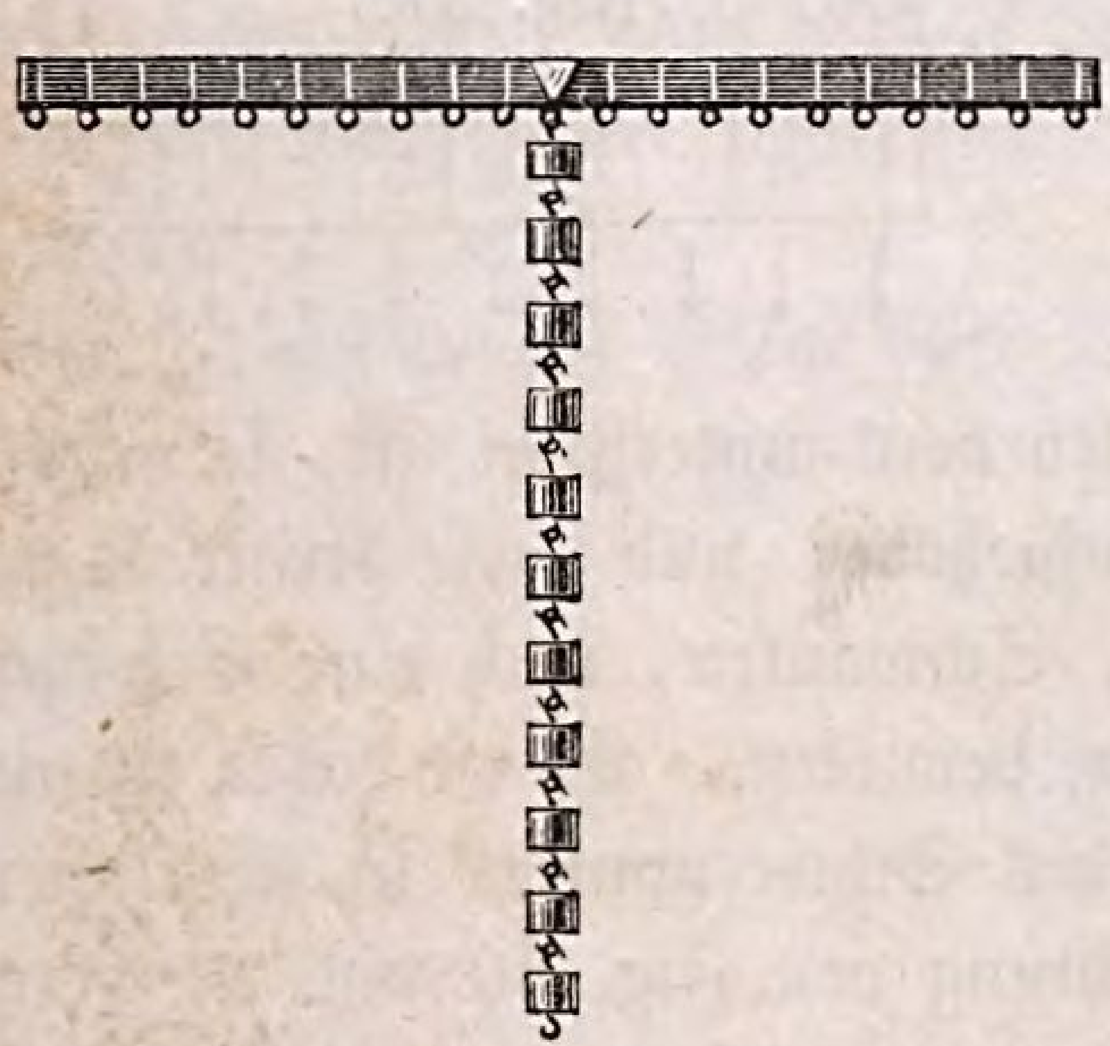
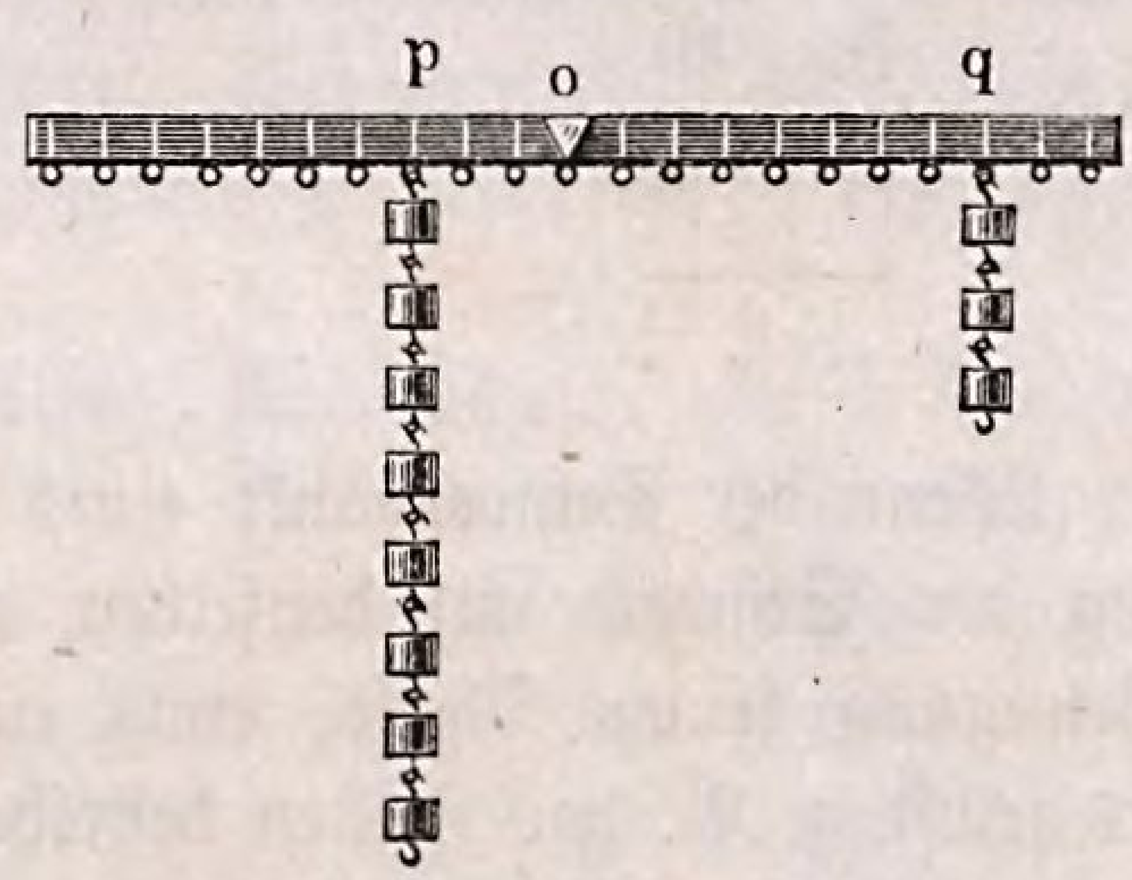


Fig. 29.



Es ergiebt sich hieraus ein wichtiges Gesetz: Wenn zwei parallel auf einen Körper wirkende Kräfte ungleich sind, so lassen sich dieselben durch eine Mittelkraft ersetzen, die gleich ist ihrer Summe; ihr Angriffspunkt theilt jedoch die

Entfernung zwischen den Seitenkräften in zwei ungleiche Theile, die sich umgekehrt verhalten wie die entsprechenden Seitenkräfte. In Anwendung auf obigen Versuch sagen wir ferner: ungleiche Kräfte, die an einem Stabe angreifen, halten sich im Gleichgewichte, wenn sie sich umgekehrt verhalten wie ihre Entfernungen von dessen Stützpunkt.

Wir werden später Gelegenheit haben, auf die praktischen Folgerungen zurückzukommen, welche bei Anwendung des Hebels aus dem Vorstehenden zu ziehen sind (s. §. 44 u. 47).

39 **Schwerpunkt.** Wie bereits in §. 11 erörtert wurde, gehen wir in der Physik von der Vorstellung aus, daß ein jeder Körper aus vielen kleinsten Theilchen oder Atomen bestehe, welche durch die Cohäsionskraft zu einem Ganzen zusammengehalten werden. Da die Schwerkraft auf jedes einzelne dieser Atome mit gleicher Stärke und in paralleler Richtung wirkt, so muß für jeden Körper ein Punkt aufzufinden sein, in welchem die Summe jener parallelen Kräfte als Mittelkraft sich wirksam erweist und welchen man den Schwerpunkt des Körpers nennt. Wirkt auf diesen Punkt eine angemessene Kraft in entgegengesetztem Sinne, was der Fall ist, wenn man einen Körper in seinem Schwerpunkte unterstützt oder aufhängt, so befindet sich derselbe im Gleichgewichte.

Fig. 30 soll einen aus drei Atomen, *b, a, b*, bestehenden Körper vorstellen, während die Pfeile die Richtung der auf ein jedes derselben wirkenden Schwerkraft bezeichnen. Offenbar wird hier ein Gleichgewicht der Kräfte stattfinden, sobald wir diesen Körper in *a* unterstützen oder aufhängen. Dasselbe gilt für den folgenden Körper, Fig. 31, der aus einer größern Anzahl von Theilchen

Fig. 30.

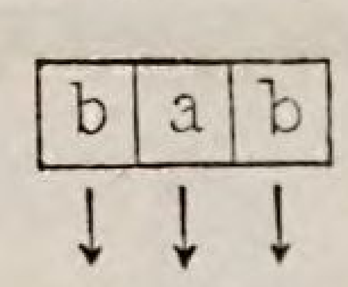
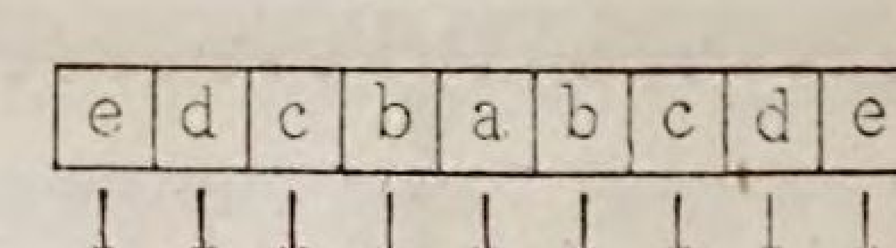


Fig. 31.

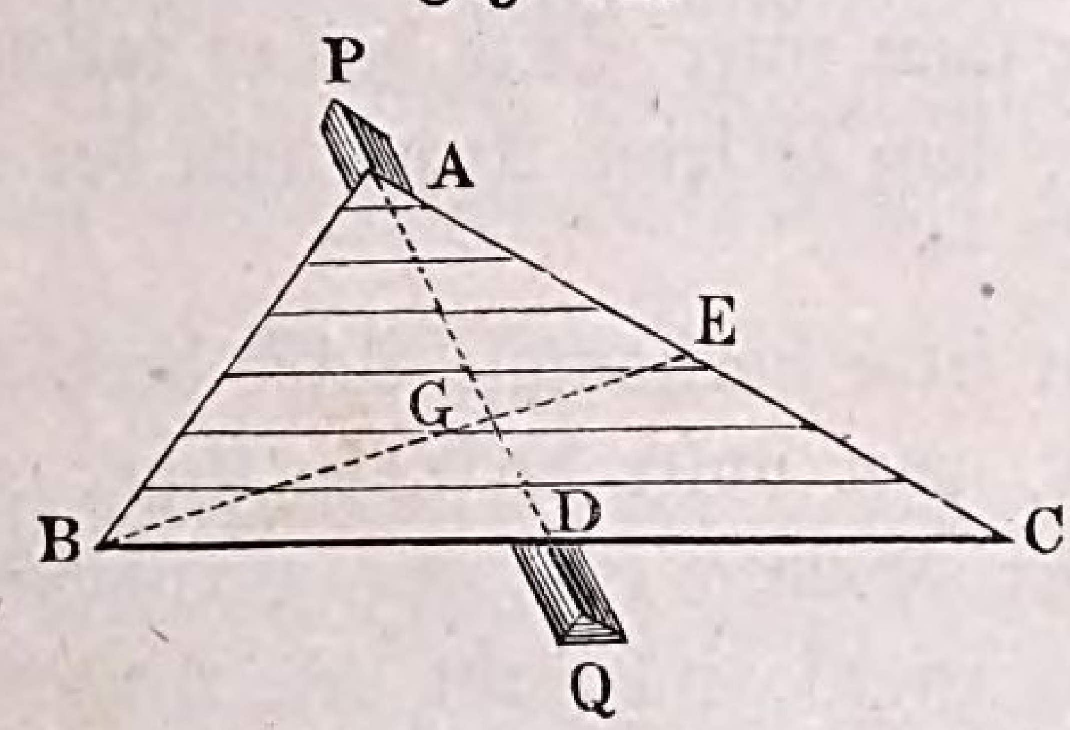


besteht. Wenn der Schwerpunkt eines Körpers unterstützt ist, so erscheint die Wirkung der Schwere auf denselben aufgehoben und diese Kraft kann weder eine Bewegung seiner Theile, etwa ein Schwanken, noch eine Bewegung des Körpers selbst, z. B. das Fallen desselben, bewirken. Es ist daher in vielfacher Hinsicht von großem Werthe, die Lage des Schwerpunktes in gegebenen Körpern zu ermitteln. Wie aus der Betrachtung von Fig. 30 und 31 hervorgeht, hat dieses bei Körpern von linearer Ausdehnung, die nur aus einer Reihe von Atomen gebildet wären, keine Schwierigkeiten. Bei solchen wird der Schwerpunkt in der Mitte der Linie liegen. Dies zu Grund gelegt, läßt sich leicht nachweisen, daß bei allen regelmäßigen Körpern, wie bei der Kugel, dem Würfel, dem Cylinder, bei den Prismen rc., der Schwerpunkt mit dem mathematischen Mittelpunkte zusammenfällt.

Den Schwerpunkt eines Dreiecks findet man, indem man die Halbirungspunkte *D* und *E*, Fig. 32, zweier Seiten desselben mit den gegenüberliegenden Winkelspitzen *B* und *A* verbindet. Ihr Durchschnittspunkt *G* ist der Schwerpunkt des Dreiecks, welcher stets im dritten Theile von dessen Höhe liegt.

Denkt man sich dieses Dreieck parallel mit der Seite BC in lauter lineare Streifen getheilt, so müssen deren sämmtliche Schwerpunkte in die Linie DA fallen, weil diese alle Streifen halbirt. Legt man in der That das Dreieck in der Richtung dieser Schwerlinie DA auf eine scharfe Kante PQ, so befindet es sich im Gleichgewichte. Dieselbe Betrachtung läßt sich aber auch von der Seite AC ausgehend anstellen, wodurch die Schwerlinie EB sich ergiebt, woraus dann folgt, daß G als gemeinschaftlicher Punkt der beiden Schwerlinien der Schwerpunkt des ganzen Dreiecks ist.

Fig. 32.

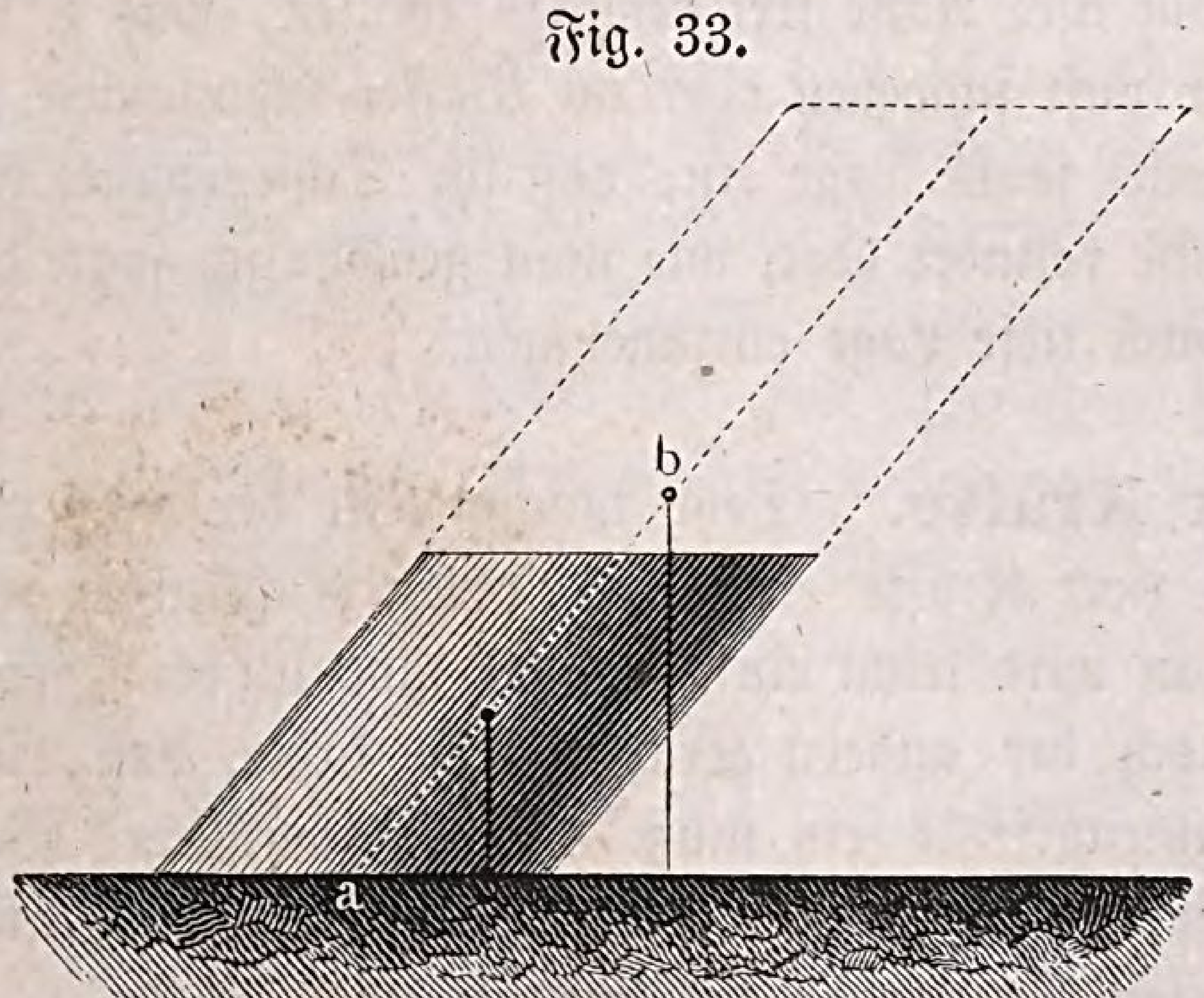


Bei unregelmäßigen Körpern liegt der Schwerpunkt in der Nähe desjenigen Theiles, an welchem die meiste Masse sich befindet. Bei der Pyramide und dem Kegel befindet sich offenbar mehr Masse in dem Theile, der ihrer Grundfläche nahe liegt, als an der Spitze. Bei diesen Körpern liegt der Schwerpunkt in der That im vierten Theile ihrer Höhe. Wenn ein Gegenstand aus Stoffen von verschiedener Dichte besteht, wie z. B. ein Hammer aus Holz und Eisen, so bestimmt man zuerst den Schwerpunkt jedes einzelnen Theiles für sich, verbindet dieselben durch eine Linie, auf welcher der gemeinschaftliche Schwerpunkt nach dem in §. 38 entwickelten Gesetze sich ergiebt.

Da der Schwerpunkt im Innern der Körper liegt, so kann er natürlich 40
nicht unmittelbar unterstützt werden; derselbe erscheint jedoch unterstützt, so lange noch eine aus demselben gefällte senkrechte Linie innerhalb der Grundfläche fällt, mit welcher der Körper den Boden berührt, oder innerhalb der Fläche, welche durch Umschreibung seiner Unterstützungspunkte erhalten wird, wie beim Tisch, Stuhl, Pferd u. s. w.

Ein schiefstehender Stein oder Balken, bei welchem, wie in Fig. 33, die aus dem Schwerpunkte gezogene Senkrechte noch innerhalb der Grundfläche trifft, kann nicht umfallen. Hätte er dagegen die durch Punkte angedeutete Länge, so würde sein Schwerpunkt bei b liegen, und er müßte alsdann nothwendig umfallen.

Fig. 33.

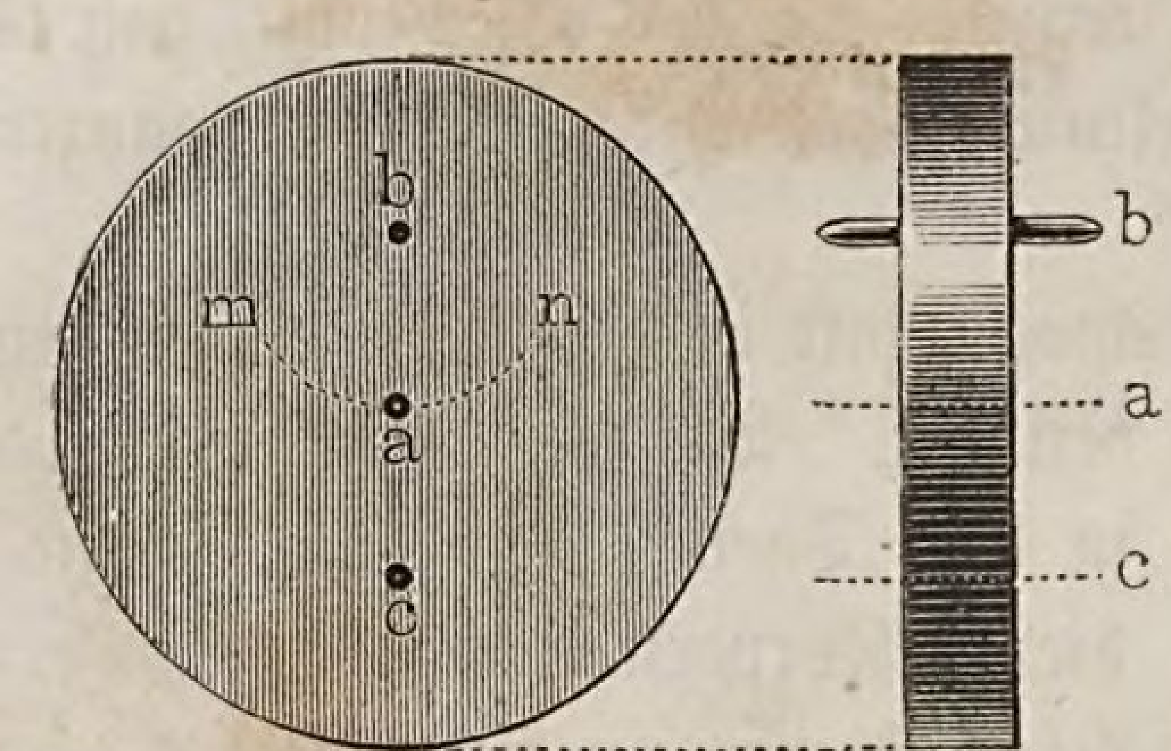


Ein Körper steht um so fester, je größer seine Grundfläche ist und je mehr die Hauptmasse desselben in deren Nähe liegt. Aus diesem Grunde wählten wohl die Aegypter die Form der Pyramide zu ihren Jahrtausenden trotzenden Riesenbauten.

Thiere- und Menschen, deren Theile sich bewegen, ändern dadurch jeden Augenblick die Lage ihres Schwerpunktes. Wer eine Last auf dem Rücken trägt, lehnt sich daher vorwärts, wer sie in der rechten Hand trägt, streckt den linken Arm aus, und unwillkürlich wird Jeder, der nach einer Seite hin zu fallen in Gefahr ist, dies dadurch zu vermeiden suchen, daß er seine Arme nach der entgegengesetzten Richtung ausstreckt.

41 Je nachdem der Schwerpunkt eines um seine horizontale Achse drehbaren Körpers in dieser Achse selbst, über derselben, oder unter derselben liegt, wird ein solcher Körper ein sehr verschiedenes Verhalten zeigen, im Falle von Außen ein Stoß auf ihn wirkt. Sobald z. B. bei einer Scheibe, Fig. 34, der Schwerpunkt und der Drehpunkt in *a* zusammenfallen, so wird dieselbe in jeder Stellung, welche man ihr ertheilt, sich im Gleichgewichte befinden, daher man diesen Zustand als den des gleichgültigen oder indifferenten Gleichgewichtes bezeichnet. Der Schwerpunkt dieser Scheibe wird aber unter ihrer Umdrehungsachse liegen, wenn letztere bei *b* angebracht ist. Sobald und so oft man jetzt die Scheibe zu drehen beginnt und alsdann sich selbst überläßt, kehrt sie stets von selbst wieder in ihre Gleichgewichtslage zurück. Man bezeichnet diesen Fall als den des festen oder stabilen Gleichgewichtes. Geht dagegen die Achse der Scheibe durch *c*, während der Schwerpunkt bei *a*, also über derselben, sich befindet, so beschreibt die Scheibe beim geringsten Anstoß eine halbe Umdrehung, bis nämlich der Schwerpunkt *a* wieder senkrecht unter der Achse liegt. Mit Recht wird dieser dritte Zustand als der des unsichern oder labilen Gleichgewichtes bezeichnet.

Fig. 34.



Wenn daher Körper sich um ihre Achse frei bewegen können, was z. B. der Fall ist bei solchen, die in der Luft schweben oder im Wasser schwimmen, so nehmen dieselben stets von selbst eine solche Lage ein, daß ihr Schwerpunkt sich senkrecht unter der Umdrehungsachse befindet oder, wie man gewöhnlich sagt, der Schwerpunkt sucht stets die möglichst tiefe Lage einzunehmen.

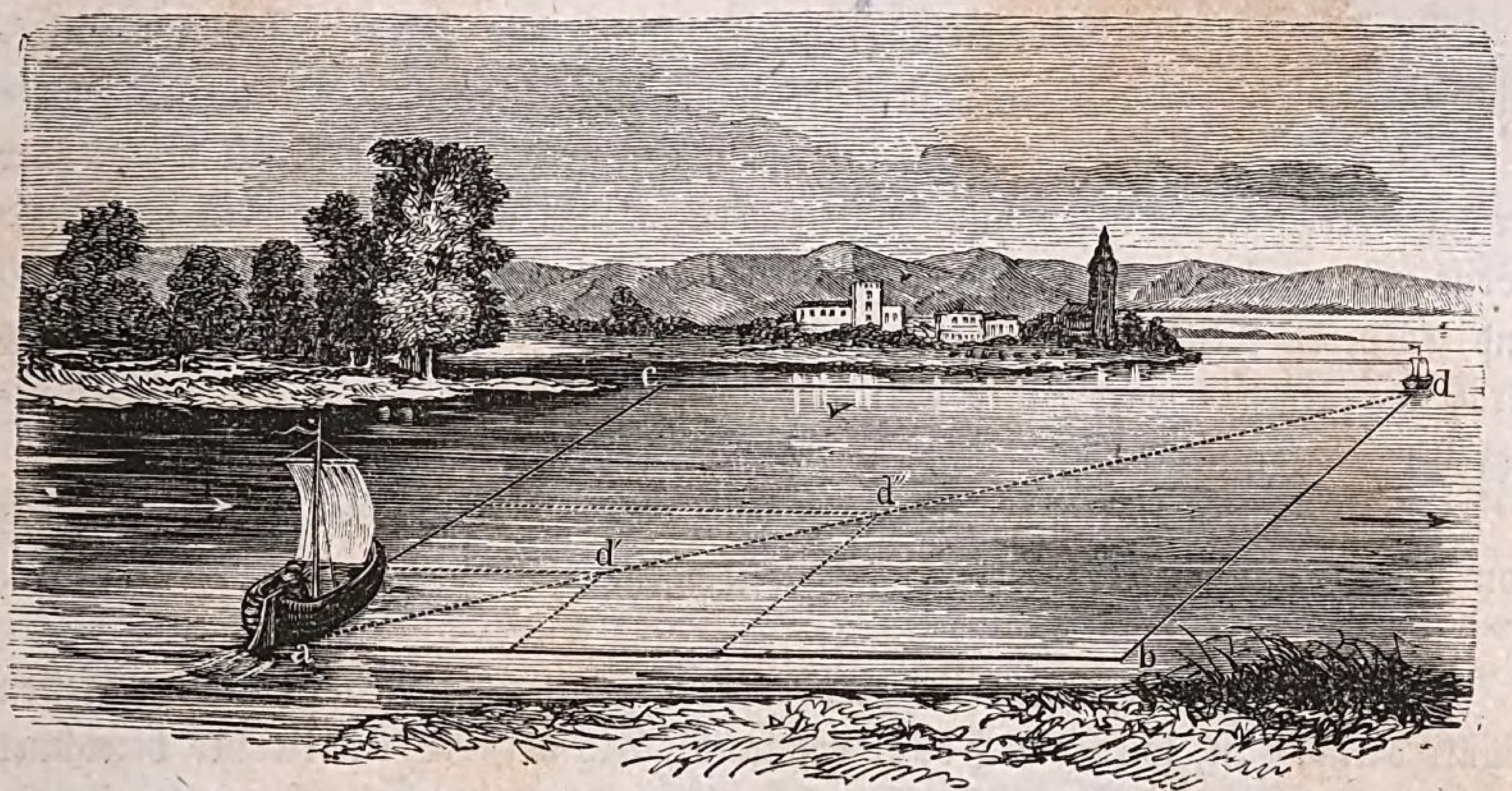
42 **Parallelogramm der Kräfte.** Sehr häufig tritt der Fall ein, daß gleichzeitig auf einen Körper zwei Kräfte einwirken, deren Richtungen mit einander einen Winkel bilden. Man wird leicht einsehen, daß alsdann der Körper weder ausschließlich der einen, noch der andern Kraft folgen kann, daß vielmehr seine Bewegung eine zusammengesetzte sein muß. Ein anschauliches Beispiel der Art giebt uns ein Schiff, das durch die Kraft des Windes quer über den Strom und zugleich durch dessen Strömung abwärts getrieben wird.

Bei der Erläuterung solcher Fälle werden wir die wirkenden Kräfte nicht, wie bisher, durch Gewichte, sondern durch Linien darstellen, welche nicht nur die Richtung, sondern auch die Größe des Weges bezeichnen, den der Körper in

einer bestimmten Zeit zurücklegt, und daher eine sehr genaue Vorstellung von der auf ihn wirkenden Kraft geben. Gleichen Linien entsprechen gleiche Kräfte; ungleiche Kräfte, z. B. 1, 2, 3, werden durch Linien von einfacher, doppelter und dreifacher Länge dargestellt.

Um nun den Weg aufzufinden, den das gleichzeitig von Wind und Strö- 43
mung in verschiedener Richtung getriebene Schiff, Fig. 35, zurücklegt, wollen

Fig. 35.



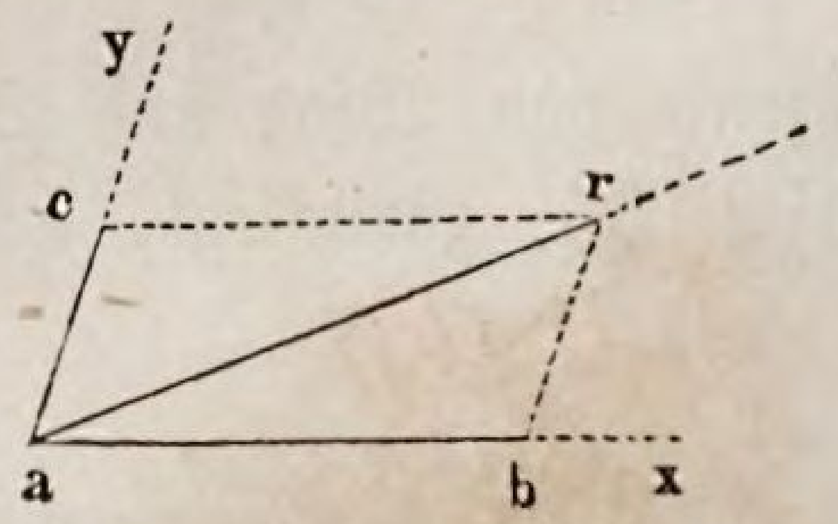
wir annehmen, daß vorerst nur allein die Strömung wirke und das Schiff in einer Stunde von a nach b führe; ferner, daß von diesem Punkte an die Strömung aufhöre und nur die Kraft des Windes thätig sei, der das Schiff in einer Stunde quer über den Strom, nach d, treibe. Wenn aber beide Kräfte nicht nach einander, sondern gleichzeitig wirken, ist es da nicht wahrscheinlich, daß sie in der halben Zeit dieselbe Wirkung erzeugen, also das Schiff in einer Stunde nach d bringen und zwar auf einem kürzern Wege? Dies ist wirklich der Fall. Denn denken wir uns wie vorhin jene Kräfte in kleineren Zeittheilen getrennt wirkend, z. B. in halben oder viertel Stunden, so würde das Schiff an die Punkte d' und d'' gelangen, welche auf einer geradezu von a nach d gerichteten Linie liegen. Setzen wir aber diese Betrachtung für immer kürzere Zeiten, für Minuten und Secunden fort, so gelangen wir endlich zu dem Ergebniß, daß zwei Kräfte, welche gleichzeitig unter irgend einem Winkel auf einen Körper wirken, das Bestreben haben, denselben in der Richtung der Diagonale ad des mit den Seitenkräften ab und ac verzeichneten Parallelogramms $abcd$ fortzubewegen.

Es hat sich hieraus das nachfolgende Gesetz des Parallelogramms der Kräfte ergeben:

Wenn zwei Kräfte unter einem Winkel auf einen Körper wirken, so ist die Mittelkraft derselben sowohl der Größe als der Richtung nach durch die Diagonale eines über den Seitenkräften verzeichneten Parallelogramms dargestellt.

Auf den Punkt *a*, Fig. 36, wirken die Seitenkräfte *ab* und *ac* in den Richtungen *ax* und *ay*. Die Mittelkraft derselben ist nach Vorstehendem *ar*.

Fig. 36.



Nicht schwierig ist es, die Mittelkraft zu finden, wenn mehr als zwei Kräfte gleichzeitig in verschiedenen Richtungen auf denselben Punkt gerichtet sind. Sobald man, wie angegeben, aus zweien dieser Kräfte die Mittelkraft bestimmt hat, braucht man nur mit dieser und der dritten Kraft das Parallelogramm zu verzeichnen, dessen Diagonale die Mittelkraft der gegebenen drei Kräfte ist.

Man wird ferner leicht einsehen, daß eine jede gegebene Kraft ersetzt oder zerlegt werden kann, indem man statt derselben zwei andere Kräfte in geeigneter Weise wirken läßt. Denn wenn z. B. nach Fig. 36 für die beiden Kräfte *ab* und *ac* deren Mittelkraft *ar* gesetzt werden kann, so muß umgekehrt, wenn als Kraft *ar* gegeben wäre, ihre Wirkung durch die beiden Kräfte *ab* und *ac* ersetzt werden können.

In der Mechanik wird häufig sowohl von der Zusammensetzung als auch von der Zerlegung der Kräfte Vortheil gezogen.

44 **Anwendungen.** Ein gerader unbiegsamer Stab, der um einen festen Punkt drehbar ist, wird ein Hebel genannt. Als dessen Hebelarme bezeichnet man die Entfernungen vom Drehpunkte, in welchen zwei Kräfte rechtwinkelig angreifen, die den Hebel in entgegengesetzter Richtung umzudrehen streben. Aus dem in §. 38 über das Gleichgewicht parallel gerichteter Kräfte Gesagten geht hervor, daß zwei an einem Hebel angreifende Kräfte sich im Gleichgewichte befinden, wenn sie sich umgekehrt verhalten wie ihre Hebelarme. Das Product, welches man erhält, wenn man die an einem Hebel wirkende Kraft mit ihrem Hebelarme multiplicirt, wird das statische Moment der Kraft genannt. Gleichgewicht am Hebel findet daher auch Statt, wenn die an ihm sich ergebenden statischen Momente einander gleich sind.

Man unterscheidet den gleicharmigen Hebel, den ungleicharmigen Hebel und den einarmigen Hebel. In den wenigsten Fällen hat jedoch der Hebel die einfache Form eines Stabes. In der That sollte man kaum erwarten, daß die Leistungen einer jeden Wage, einer Scheere und Zange, eines Mühlrades und Flaschenzuges, eines Schlüssels und Schiebkarrens u. a. m. den Gesetzen des Hebels gemäß stattfinden. Allein in allen diesen Fällen läßt sich eine gerade Linie nachweisen, die man sich durch den Drehpunkt gelegt denken muß und an welchem die Kräfte angreifen. Wären letztere nicht rechtwinkelig und parallel gerichtet, so ist man im Stande, dieses mit Hülfe des Parallelogramms der Kräfte zu bewerkstelligen. Für mehrere Kräfte, die an einem Hebelarme angreifen, entspricht die Wirkung der Summe ihrer statischen Momente.

45 Der gleicharmige Hebel befindet sich im Gleichgewichte, wenn die an demselben angreifenden Kräfte einander gleich sind. Es werden z. B. zwei

Knaben von gleichem Gewichte, die auf einem Balken schaukeln wollen, denselben in der Mitte auflegen, so daß er einen gleicharmigen Hebel bildet.

Die vorzüglichste Anwendung findet derselbe jedoch bei der Wage. Dieselbe besteht aus dem Wagbalken und den beiden Wagschalen, eine Achse mit scharfer oder etwas abgerundeter Kante theilt den Wagbalken in zwei gleich lange Arme und gestattet eine möglichst leichte Umdrehung desselben, wobei die in seiner Mitte angebrachte Zunge dazu dient, die Abweichung des Wagbalkens von der horizontalen Lage aufs Genaueste anzuzeigen. Der Schwerpunkt des Wagbalkens muß etwas tiefer liegen, als seine Umdrehungsachse. Wir haben alsdann ein Beispiel des stabilen Gleichgewichts (§. 41) und der Wagbalken kann sowohl für sich allein als auch bei gleicher Belastung der Schalen nur eine horizontale Lage annehmen, ja er wird stets in dieselbe zurückkehren, wenn man ihn aus derselben bringt, also wenn man die Wage spielen läßt. Würde dagegen der Schwerpunkt des Wagbalkens zusammenfallen mit seiner Umdrehungsachse, so wäre dieses ein Beispiel des indifferenten Gleichgewichtes und bei gleicher Belastung der Wagschalen würde sich die Wage nicht allein bei der horizontalen, sondern in jeder beliebigen Lage ihres Balkens im Gleichgewichte befinden. Eben so wenig darf der Schwerpunkt eines Wagbalkens über seinem Drehpunkte liegen; es würde alsdann der Fall des unsichern Gleichgewichts stattfinden und bei dem geringsten Uebergewichte auf einer Wagschale ein Umschlagen der Wage eintreten, d. h. der Wagbalken nimmt eine lothrechte Stellung an, indem sein Schwerpunkt unter den Drehpunkt sich begiebt.

Eine Wage ist nur dann richtig, wenn ihre Arme genau gleiche Länge besitzen und wenn die Punkte, an welchen die Wagschalen angehängt sind, mit dem Drehpunkte in einer geraden Linie liegen. Die Empfindlichkeit der Wage ist um so größer, je länger ihre Arme sind, je geringer das Gewicht des Wagbalkens ist und je näher sein Schwerpunkt dem Drehpunkte liegt. Zur Prüfung einer Wage legt man in eine ihrer Wagschalen ein beliebiges Gewicht, belastet nachher auch die andere Wagschale so lange, bis die Wage im Gleichgewichte ist; vertauscht man jetzt die Gewichte gegenseitig, ohne daß Störung des Gleichgewichtes erfolgt, so ist die Wage richtig.

In Fällen, welche die höchste Genauigkeit erfordern, wendet man die sogenannte doppelte Wägung an. Auf die eine Wagschale lege ich den Körper, dessen Gewicht ich bestimmen will; auf die andere Wagschale bringe ich so viel Sandkörner oder Schrote, als erforderlich sind, um Gleichgewicht herzustellen. Alsdann entferne ich den Körper und lege statt dessen so lange Gewichte auf, bis die Wage abermals im Gleichgewichte ist. Offenbar geben die hierzu verwendeten Gewichte auf's Genaueste das Gewicht jenes Körpers an und zwar selbst in dem Falle, daß die Wage nicht ganz richtig gewesen wäre.

Die feste Rolle, Fig. 37 (a. f. S.), besteht aus einer Scheibe, die am Um- **46**
fang eine Hohlkehle zur Aufnahme eines Seiles hat; ihre Drehungsachse geht durch den Mittelpunkt und wird von einer die Rolle umfassenden Scheere gehalten, welche in der Weise befestigt ist, daß die Rolle außer der Umdrehung keine Bewegung machen kann. Denken wir uns bei einer solchen Rolle, Fig. 38,

in der Richtung AB eine Horizontale durch ihren Mittelpunkt gelegt, so stellt diese einen gleicharmigen Hebel vor; wenn an dessen Endpunkten gleiche Kräfte wirken, so muß Gleichgewicht stattfinden. Vermittels der festen Rolle kann daher die Wirkung einer Kraft nicht verändert werden, wohl aber ihre Richtung, weshalb sie auch Richtungsrolle genannt und in dieser Eigenschaft häufig mit Vortheil verwendet wird. Ebenso leistet sie erhebliche Dienste zur Herstellung der leichten Verschiebbarkeit hängender Gegenstände, z. B. der Kronleuchter, Gasometer, indem dieselben durch ein auf der andern Seite der Rolle angebrachtes Gegengewicht im Gleichgewicht erhalten werden.

Fig. 37.

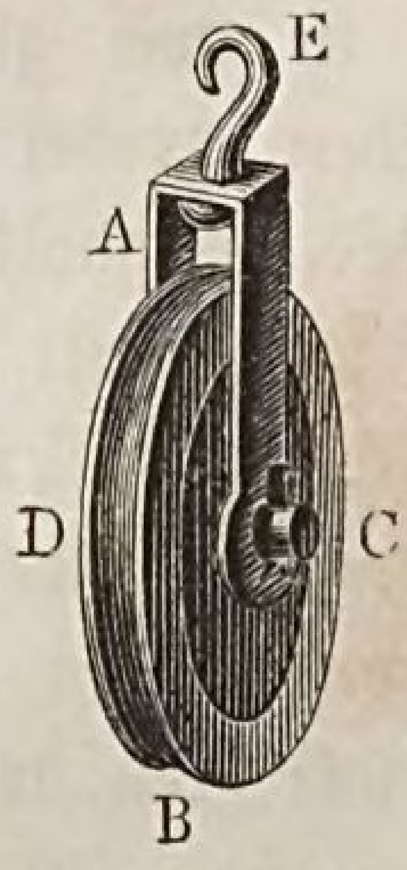
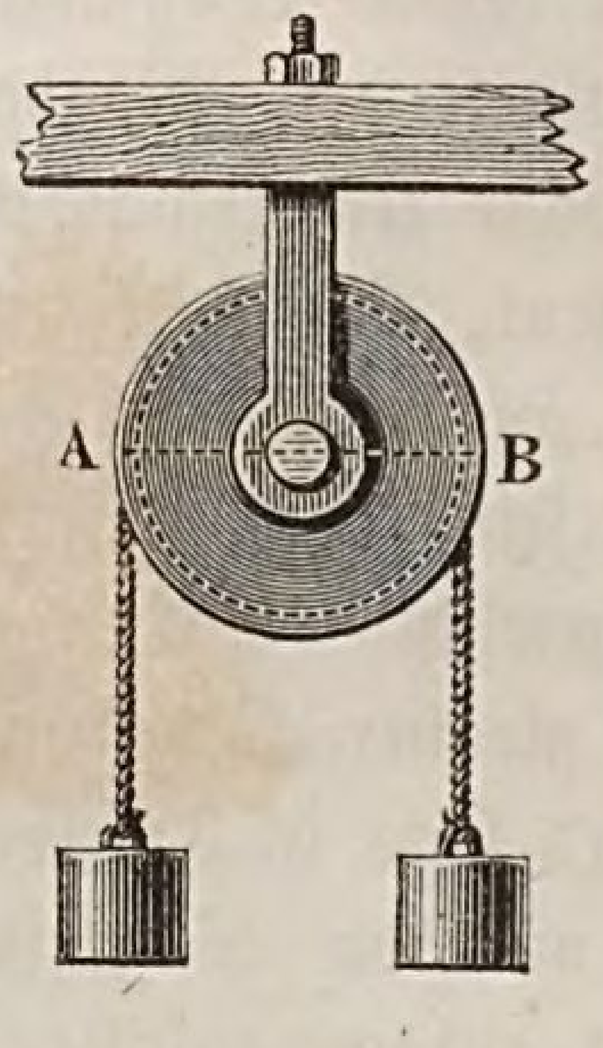


Fig. 38.



47 Der ungleicharmige Hebel überrascht uns durch seine auffallenden Leistungen. Die Last 6, Fig. 39, an dem Hebelarme 5 wirkend, hält der an dem Hebelarme 3 angreifenden Kraft 10 das Gleichgewicht, da nach dem in den §§. 38 und 44 erläuterten Gesetze die Kräfte sich umgekehrt verhalten wie ihre Hebelarme, oder weil die statischen Momente (§. 44) auf beiden Seiten gleich sind, denn $5 \times 6 = 10 \times 3$. Ueberhaupt genügen geringe, an sehr langen Hebelarmen wirkende Kräfte zur Hebung bedeutender Lasten, wovon uns Fig. 40 eins der gewöhnlichsten Beispiele zeigt, und der griechische Geometer Archimedes, als er zuerst die

Fig. 39.

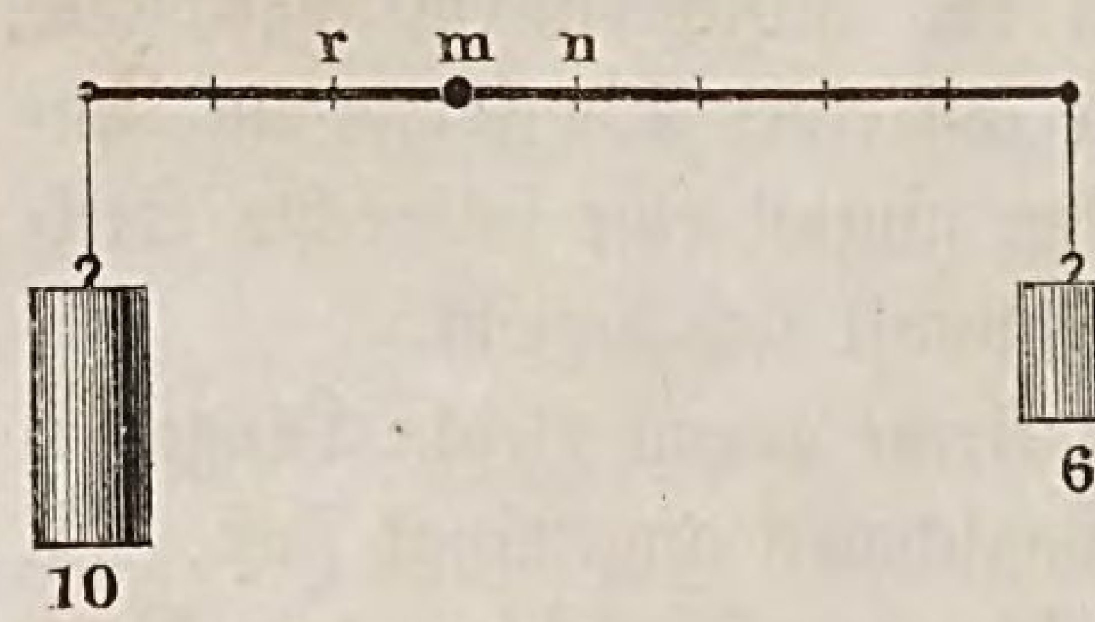
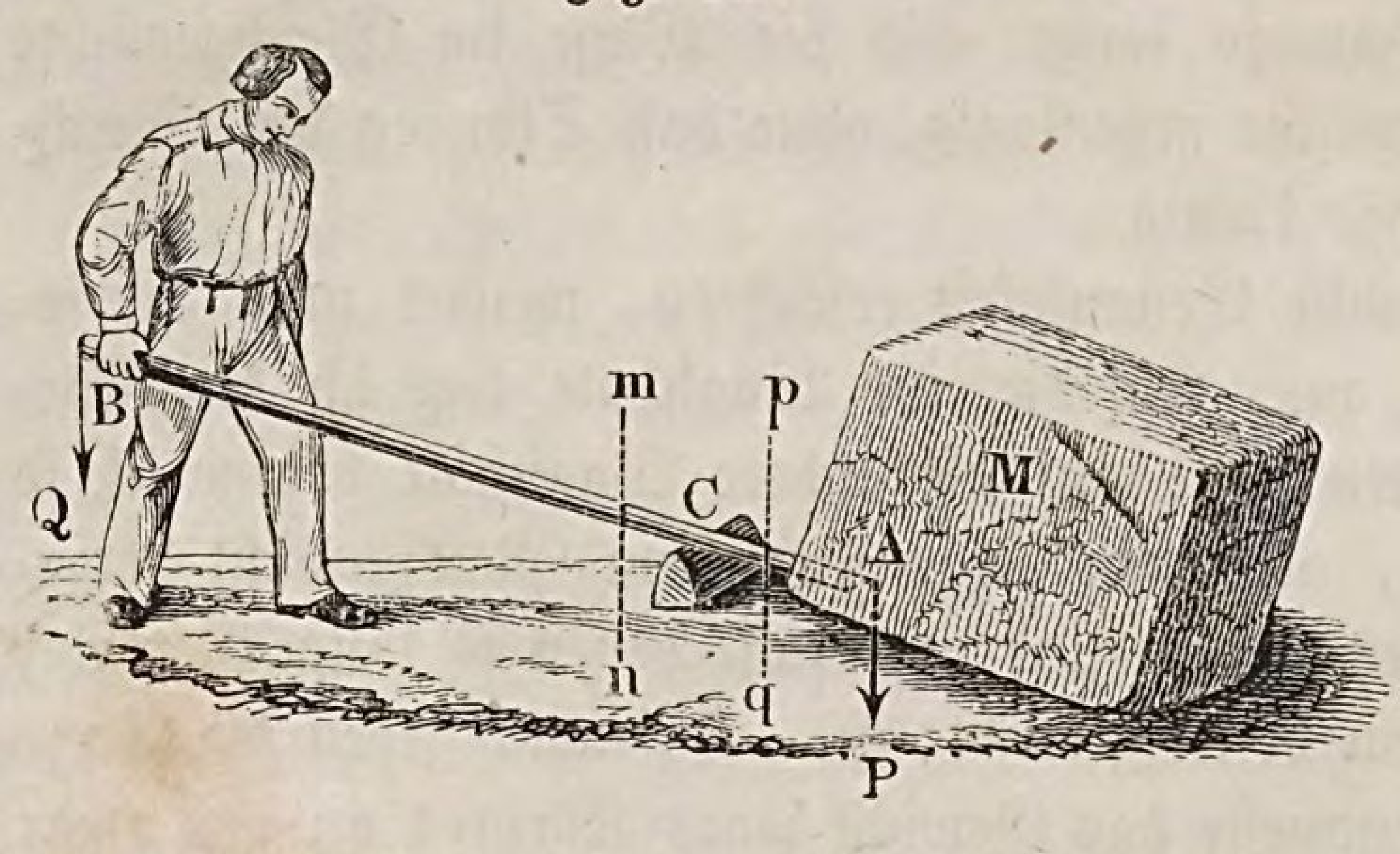


Fig. 40.



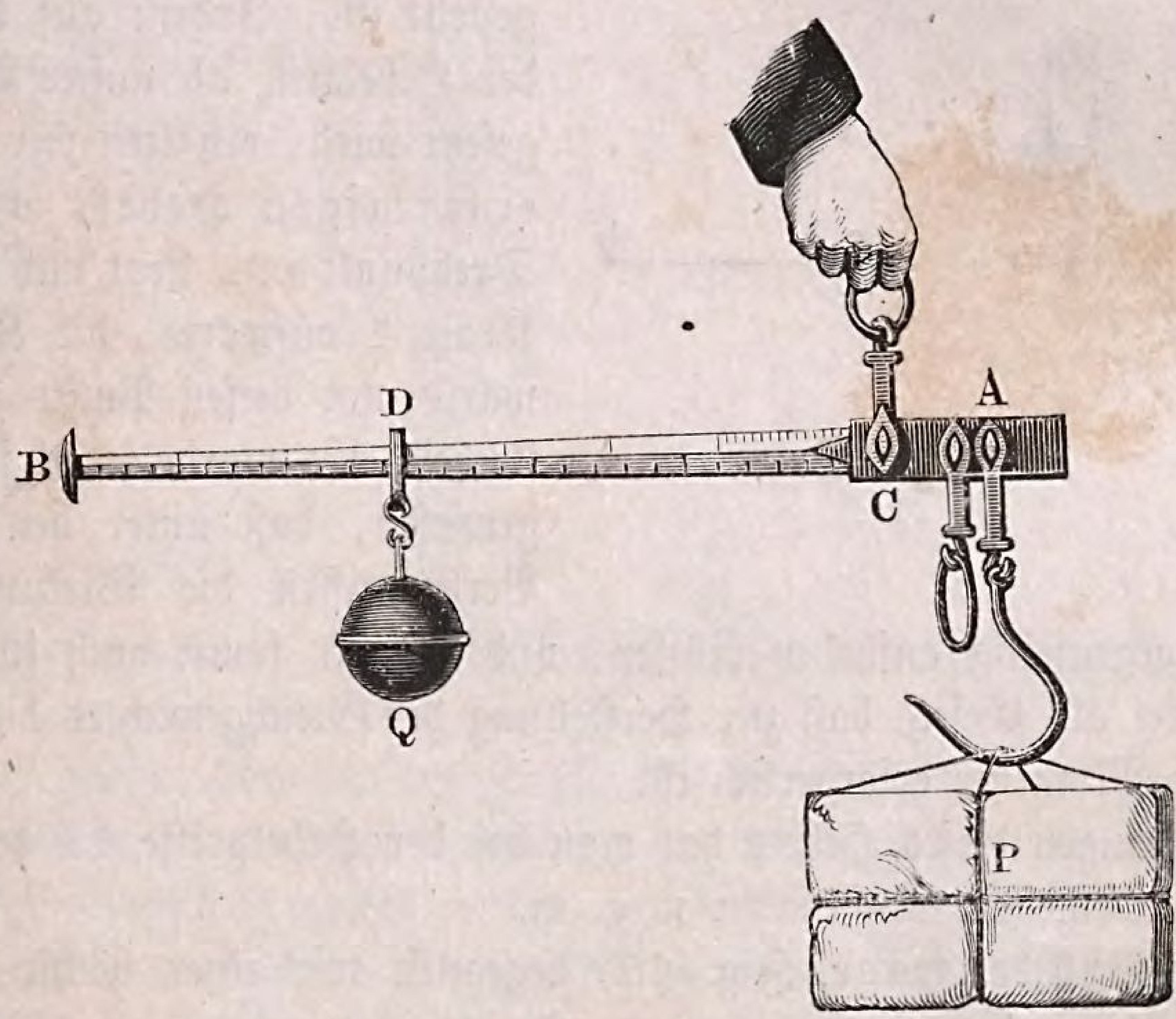
(AB Hebel; C Drehpunkt; AP und BQ abwärts wirkende Kräfte; je nachdem der Drehpunkt nach mn oder nach pq verlegt wird, ist bei B eine größere oder geringere Kraft erforderlich zur Hebung der Last M.)

Gesetze des Hebels erkannte, soll in der Begeisterung den Ausspruch gethan haben: „Gebt mir einen Stützpunkt und ich hebe die Erde aus ihren Angeln.“

Der ungleicharmige Hebel findet in unzähligen Fällen Anwendung, wie z. B. als Hebebaum, Brecheisen, Schlagbaum, Winde, Haspel, Kurbel, Bohrer, Schlüssel, Zange, Scheere u. s. w. Fig. 41 zeigt uns die Schnellwage oder römische Wage, bei welcher die Last P an dem kürzern Hebelarme

AC wirkt, während das sogenannte Laufgewicht *Q* an dem längern Arme *BC* verschoben werden kann; der letztere ist in gleichen Abständen durch Einker-

Fig. 41.



bungen abgetheilt, und es ist leicht einzusehen, daß *Q* um so weiter vom Drehpunkte abgerückt werden muß, je größer die Last ist.

Der einarmige Hebel wird durch eine gerade, unbiegsame Linie vor- 48
gestellt, die an einem Ende einen festen Stützpunkt hat, um welchen zwei in entgegengesetztem Sinne wirkende Kräfte die Linie zu drehen streben. Bemerken wir vorerst, daß an dem gleicharmigen Hebel *bcd*, Fig. 42, die Kraft 4 einerlei

Fig. 42.

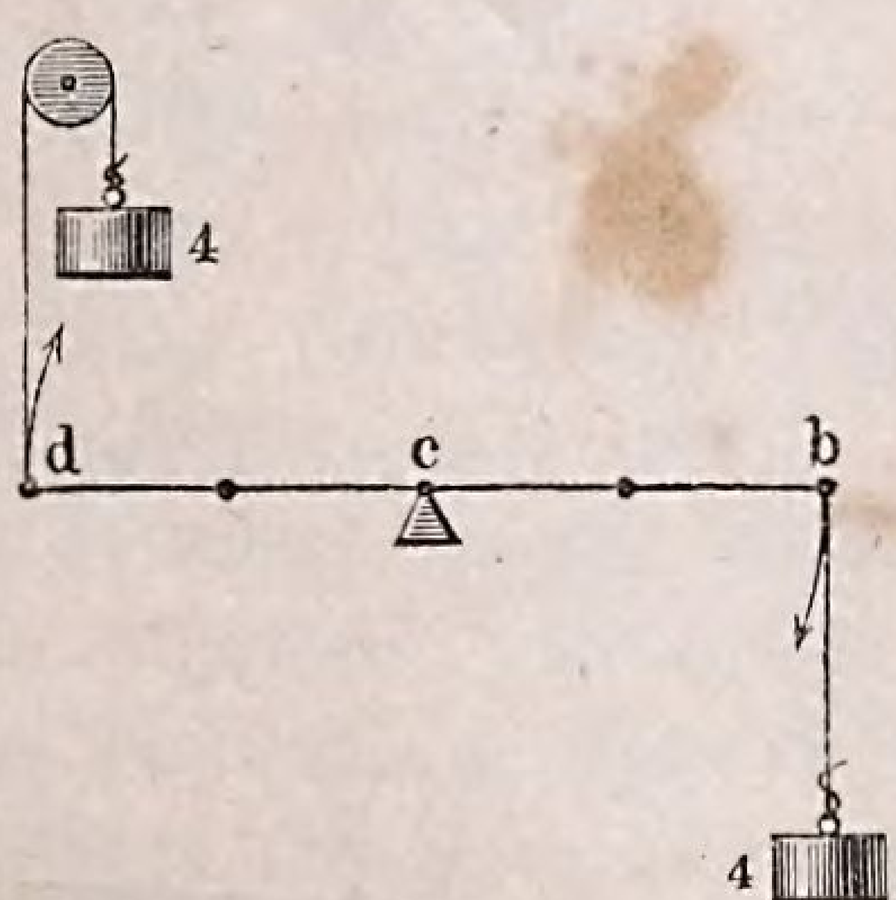
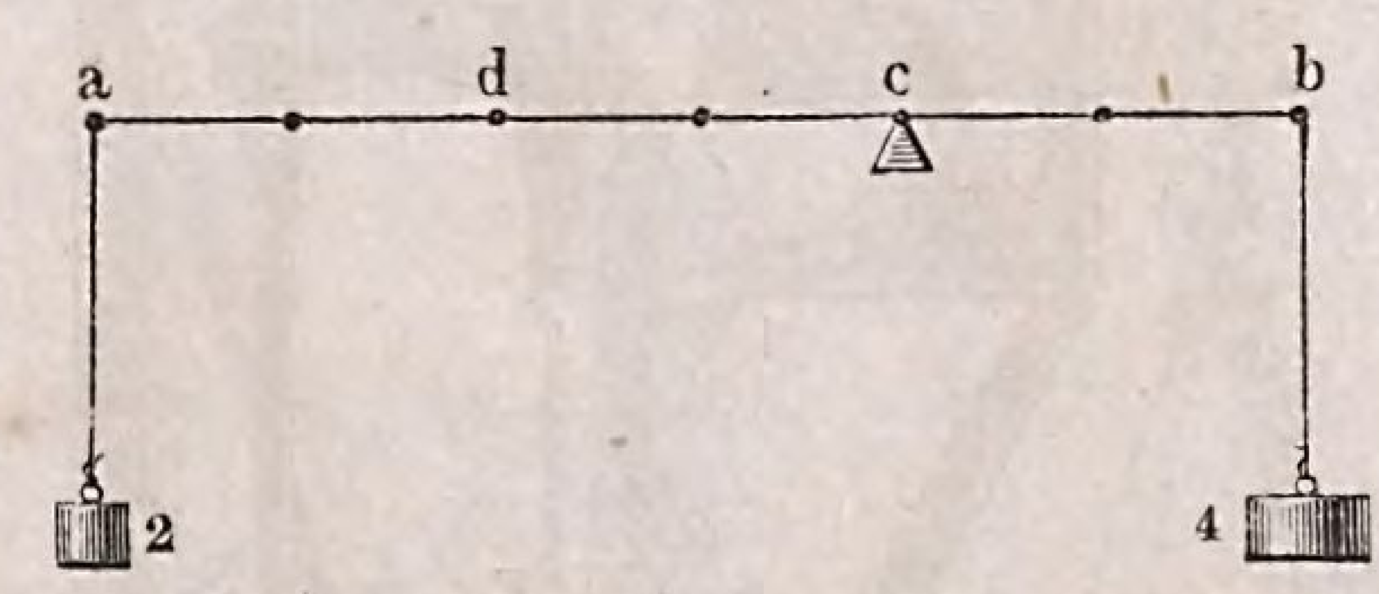


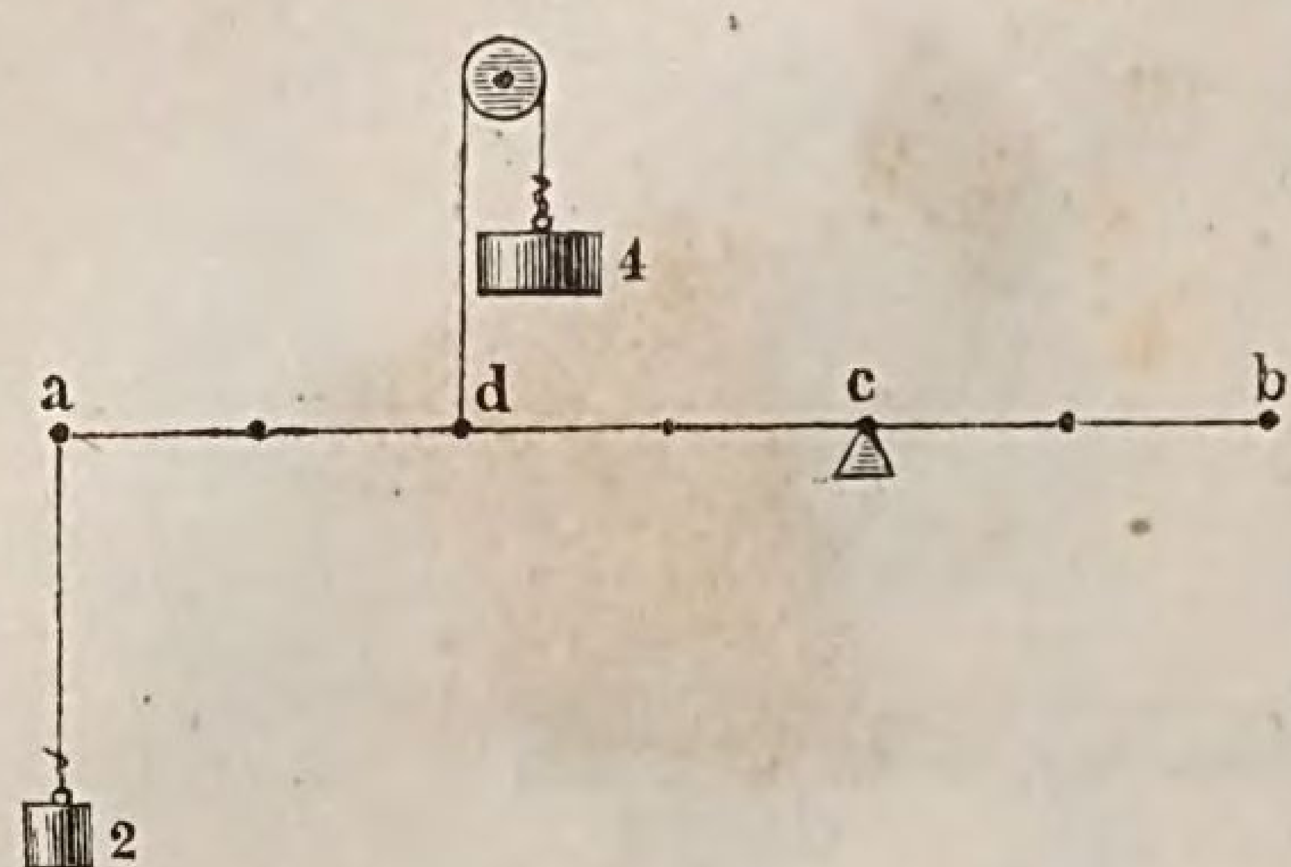
Fig. 43.



Wirkung hervorbringt, wenn sie an dem Hebelarme *cb* abwärts oder vermittels der bei *d* angebrachten Rolle an dem Hebelarme *cd* aufwärts zieht. In beiden Fällen wird der Hebel mit gleicher Kraft in einer und derselben Richtung, welche durch die Pfeile angedeutet ist, um den Punkt *c* gedreht. Betrachten wir jetzt den ungleicharmigen Hebel *acb*, Fig. 43, der sich im Gleichgewichte befindet, da seine Hebelarme 2 und 4 sich umgekehrt verhalten wie die angreifenden Kräfte 4 und 2. Nach dem eben Gesagten wird die Kraft 4 offenbar dieselbe

Wirkung hervorbringen (d. h. sie wird der Kraft 2 das Gleichgewicht halten), wenn wir sie von *b* hinwegnehmen und dafür an dem Punkte *d* aufwärts ziehen lassen, wie dies durch Fig. 44 dargestellt ist. Indem auf diese Weise der Hebelarm *cb* außer Wirksamkeit gesetzt wird, erhalten wir aber einen einarmigen Hebel, *adc*, dessen Drehpunkt in *c* liegt und welchen die Kraft 4 aufwärts, die Kraft 2 abwärts um diesen Punkt zu bewegen streben. Es wurde jedoch soeben nachgewiesen, daß unter den gegebenen Verhältnissen die Wirkungen beider Kräfte sich gegenseitig aufheben müssen, und es gilt somit auch für den einarmigen Hebel als Gesetz, daß zur Herstellung des Gleichgewichtes die Gleichheit der statischen Momente erforderlich ist.

Fig. 44.

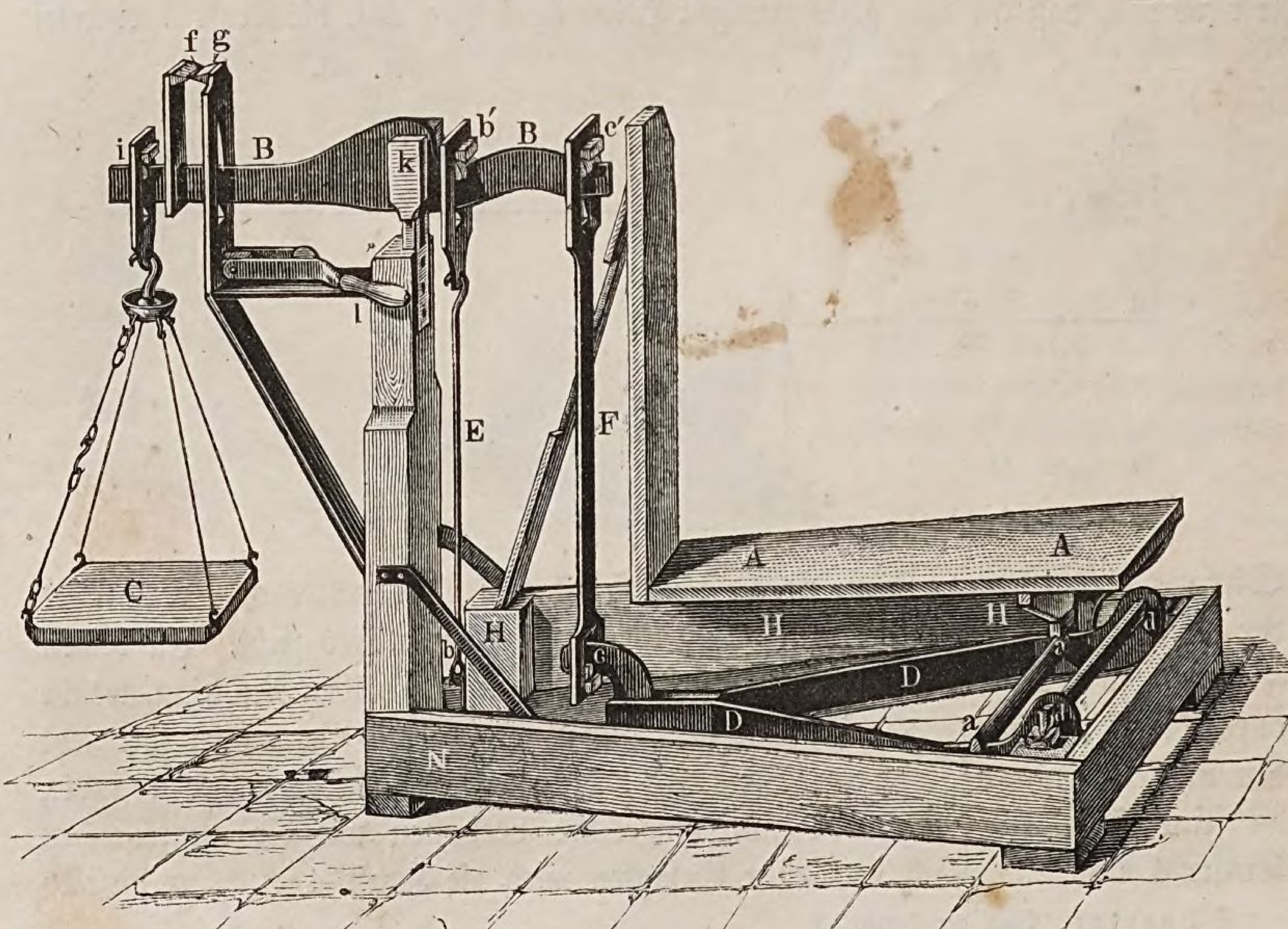


Anwendungen dieses Hebels hat man bei der Hebelpresse, bei dem Schiebkarren, Schneidemesser, Nußknacker u. a. m.

49 In der Brückenwage, Fig. 45, begegnen wir einer höchst sinnreichen Zusammenwirkung des ungleicharmigen Hebels und zweier einarmiger Hebel. Sie hat den Zweck, schwere Lasten bequem wiegen zu lassen, welche auf der sogenannten Brücke *AA*, Fig. 45, niedergelegt worden sind.

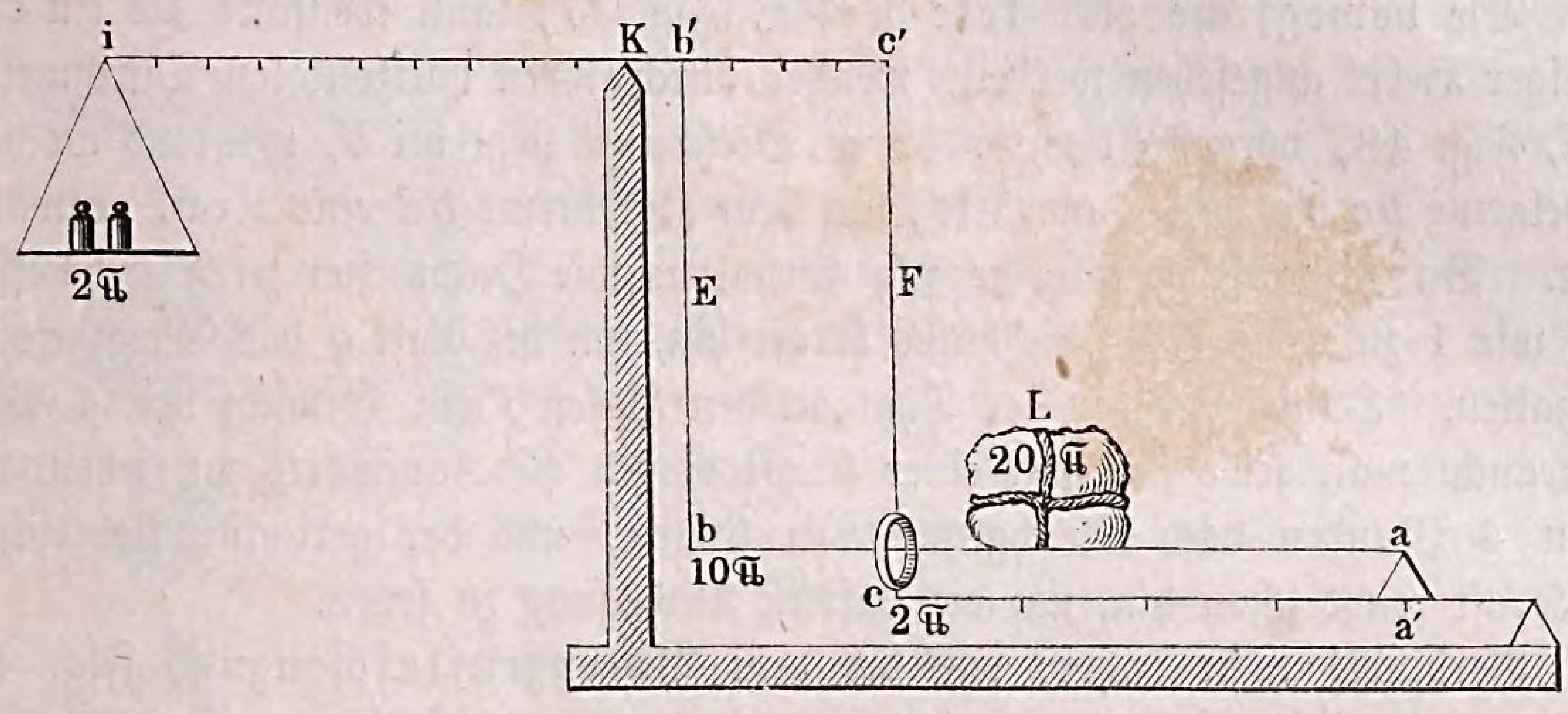
Zur Erläuterung ihrer Einrichtung dient die schematische Fig. 46. An dem kürzern Arme des ungleicharmigen Hebels *ikc′* wirken abwärts ziehende

Fig. 45.



Kräfte an den Zugstangen *E* und *F*, z. B. von 10 Pfd. bei *b* und 2 Pfd. bei *c*. Da der Hebelarm *ik* zehnmal länger ist als *kb'*, so hält 1 Pfd., auf die

Fig. 46.



Wagschale *C* gelegt, den an der Zugstange *E* wirkenden 10 Pfd. das Gleichgewicht; da ferner *ik* zweimal so lang ist als der Hebelarm *kc'*, so muß wieder 1 Pfd. auf die Wagschale gelegt werden, um den bei *c* abwärts ziehenden 2 Pfd. das Gleichgewicht zu halten. Die an den Zugstangen *E* und *F* wirkende Kraft wird ausgeübt durch eine auf die Brücke *ba* gelegte Last *L*. Im gegebenen Falle ist dieselbe gleich 20 Pfd. und liegt genau in der Mitte der Brücke. Diese ist ein einarmiger Hebel, dessen Stützpunkt bei *a* sich befindet. Das Gewicht der Last vertheilt sich daher so, daß es mit einem Druck von 10 Pfd. auf den Stützpunkt *a* und mit einer Zugkraft von 10 Pfd. bei *b* wirkt. Der Stützpunkt *a* ruht aber selbst wieder auf dem einarmigen Hebel *cd*, der in fünf gleiche Theile getheilt ist. Ein Druck von 10 Pfd. in der Entfernung 1 von seinem Drehpunkt muß aber in der fünffachen Entfernung bei *c* als eine Zugkraft von 2 Pfd. sich äußern. Wir sehen also, daß die auf der Brücke ruhende Last von 20 Pfd. aufgewogen wird durch das auf die Wagschale gelegte Gewicht von 2 Pfd., und es folgt aus der beschriebenen Einrichtung ganz allgemein, daß bei dieser Wage eine beliebige Last durch den zehnten Theil ihres Gewichtes im Gleichgewicht gehalten wird.

Wir brauchen übrigens die Last *L* keineswegs gerade im Mittelpunkt der Brücke *ba* aufzulegen. Es beruht in der sich entsprechenden Fünftheilung der Hebelarme *kc'* und *cd*, sowie in der Lage der Angriffspunkte *b'*, *c'* und *c*, *a'*, daß die Gesammtwirkung der Zugstangen *E* und *F* stets dieselbe bleibt, wo immer auch die Last auf der Brücke ruht. Nähern wir z. B. die Last *L* dem Stützpunkt *a* bis auf den vierten Theil von *ba*, so vertheilt sich dieselbe mit 15 Pfd. Druck auf *a'* und 5 Pfd. Zug bei *b*; 15 Pfd. Druck bei *a'* wirken aber als 3 Pfd. bei *c*. Für 5 Pfd., die nun an der Zugstange *E* wirken, genügt auf der Wagschale $^1/_2$ Pfd.; und für 3 Pfd., die an *F* angreifen, $1^1/_2$ Pfd., zusammen wieder 2 Pfd.

Bei der in Fig. 46 abgebildeten Brückenwage sind dieselben Buchstaben verwendet, wie in der vorstehenden Erklärung. Die Brücke *AA* ist zur Hälfte

durchschnitten und hinweggenommen, damit man den untern, gabelförmigen Hebel *DD* sieht, der in *dd* seinen Stützpunkt hat. Die Wage ist im Gleichgewicht, wenn die beiden Schneiden *f* und *g* genau einander gegenüberstehen.

50 Die bewegliche oder lose Rolle, Fig. 47, kann ebenfalls als ein einarmiger Hebel angesehen werden, welcher durch ihren horizontalen Durchmesser *bcd*, Fig. 48, vorgestellt wird. Der Drehpunkt liegt bei *b*, während an dem Hebelarme *bc* die Last *q* abwärts, an dem Hebelarme *bd* eine Kraft aufwärts zieht. Da hier die Hebelarme sich verhalten wie Halbmesser zu Durchmesser, also wie 1 zu 2, so reicht die halbe Kraft hin, um der Last *q* das Gleichgewicht zu halten. Hängt man in der That an den Haken *f* ein Gewicht von 4 Pfd., so braucht man bei *e* nur mit einer Kraft von 2 Pfd. aufwärts zu ziehen, um jenen 4 Pfunden das Gleichgewicht zu halten, und der geringste Ueberschuß an Kraft reicht schon hin, um die Last in Bewegung zu setzen.

Verbindet man daher, wie bei dem Potenzenflaschenzug, Fig. 49, mehrere bewegliche Rollen mit einander, so gewähren sie den großen Vortheil, daß mit geringer Kraft eine beträchtliche Last gehoben werden kann. Es sei

Fig. 47.

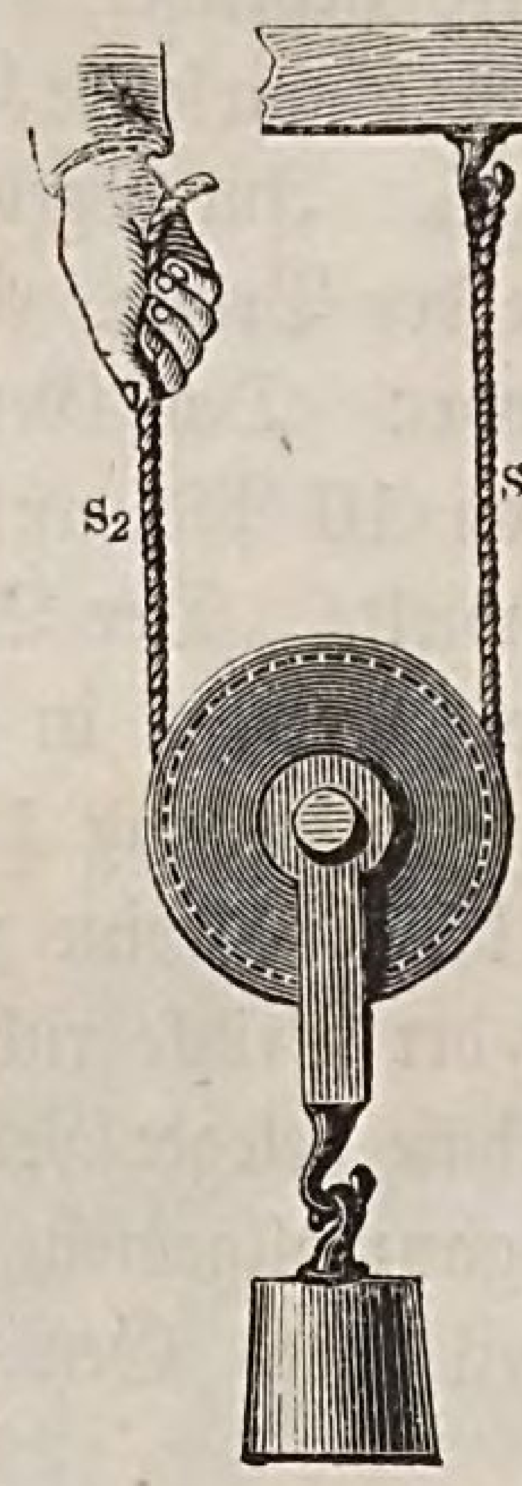


Fig. 48.

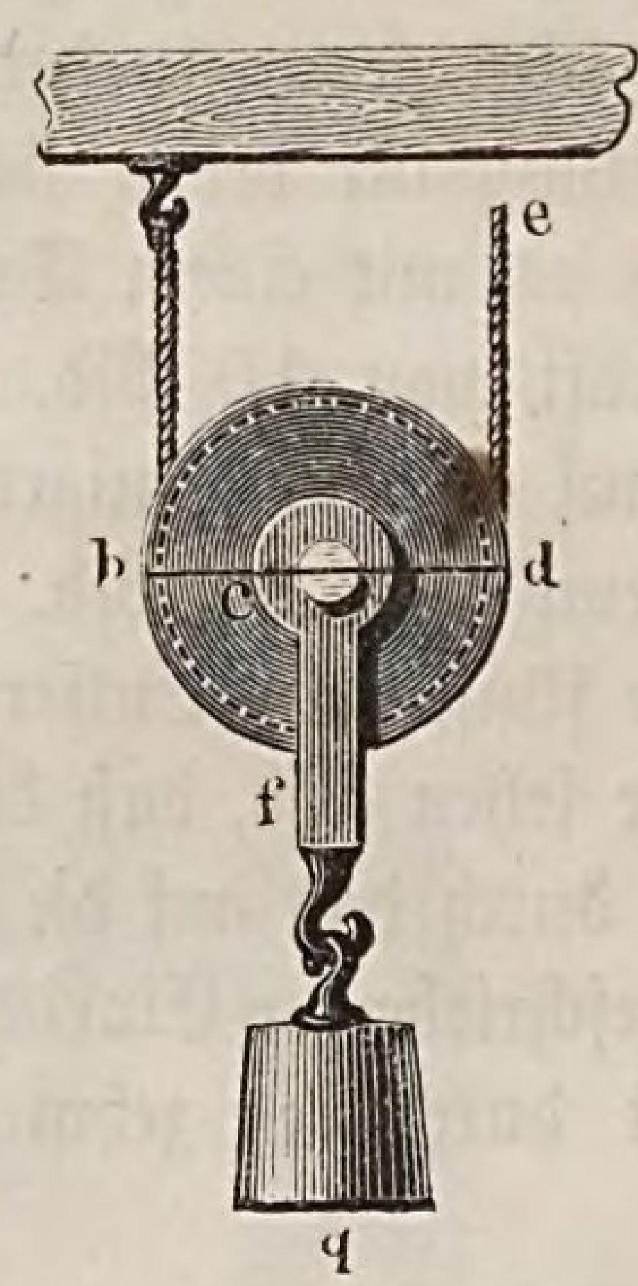
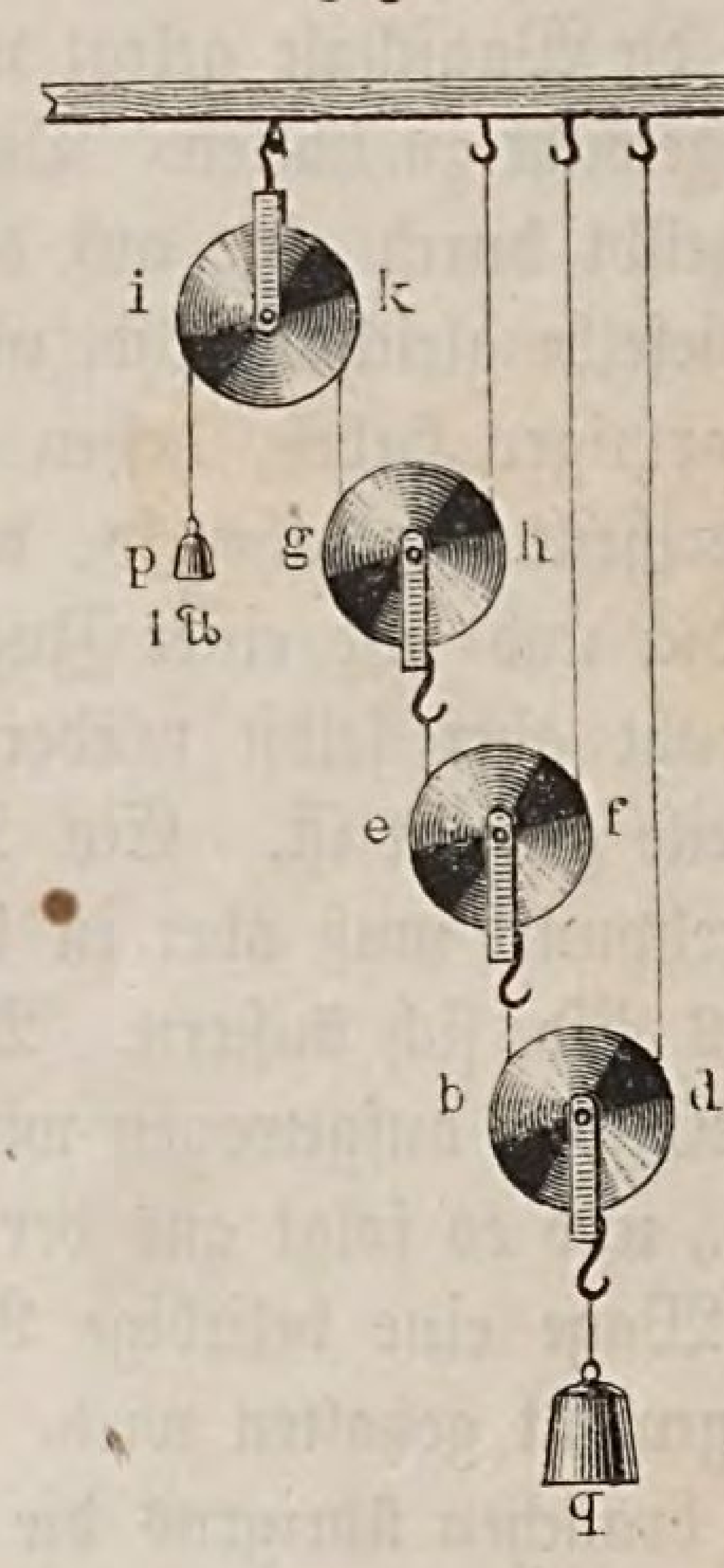


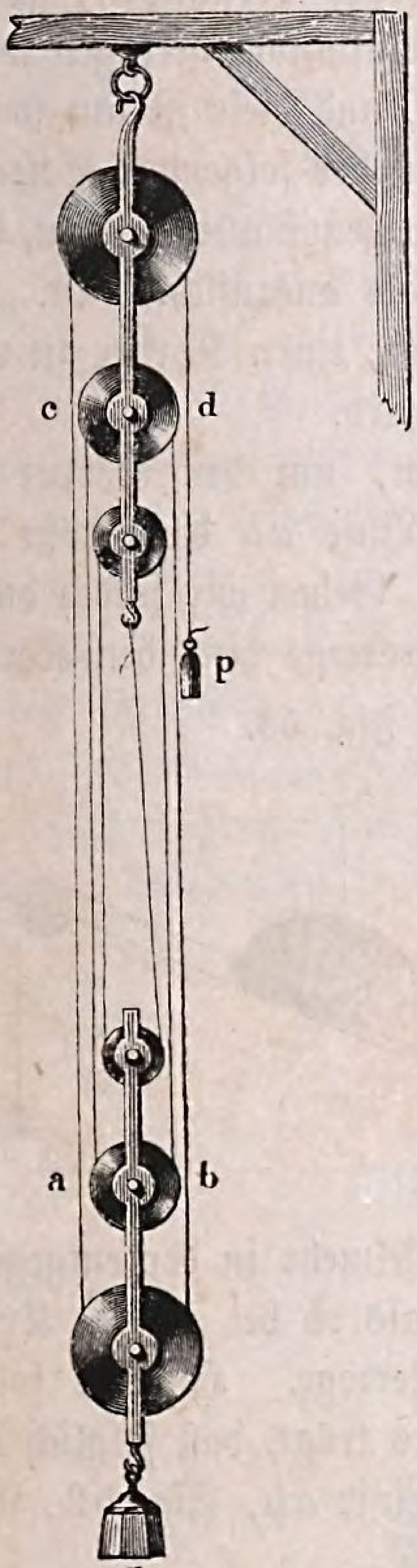
Fig. 49.



das Gewicht *q* gleich 8 Pfd., so reicht bei Anwendung von drei beweglichen Rollen 1 Pfund hin, dasselbe im Gleichgewichte zu halten. Wie aus dem bei Fig. 48 Erläuterten hervorgeht, nimmt die Kraft für jede folgende Rolle um die Hälfte ab. Die bequemste Anordnung, um mittels beweglicher Rollen Lasten zu heben, bietet der gemeine Flaschenzug, Fig. 50, dar, der aus drei festen und drei beweglichen Rollen besteht. Die Last *q* wird offenbar durch die sechs Seile getragen, welche die oberen und unteren Rollen mit einander verbinden, und vertheilt sich daher gleichmäßig auf sechs Seile, so daß ein jedes derselben durch $1/6$ der Last *q* gespannt ist. Wäre z. B. $q = 60$ Pfd., dann würde ein jedes der sechs Seile so stark gespannt sein, als ob es für sich allein

10 Pfd. zu tragen hätte. Wirkt aber auf der einen Seite der obersten Rolle eine Spannung des Seiles *ca* von 10 Pfd., so muß zur Herstellung des Gleichgewichtes das Seil *dp* der andern Seite eben so stark gespannt werden, was geschieht, indem bei *p* ein Gewicht von 10 Pfd. angebracht wird. Bei dieser Vorrichtung wird also einer Last *q* durch $^1/_6$ ihres Gewichtes, bei *p* wirkend, das Gleichgewicht gehalten.

Fig. 50.

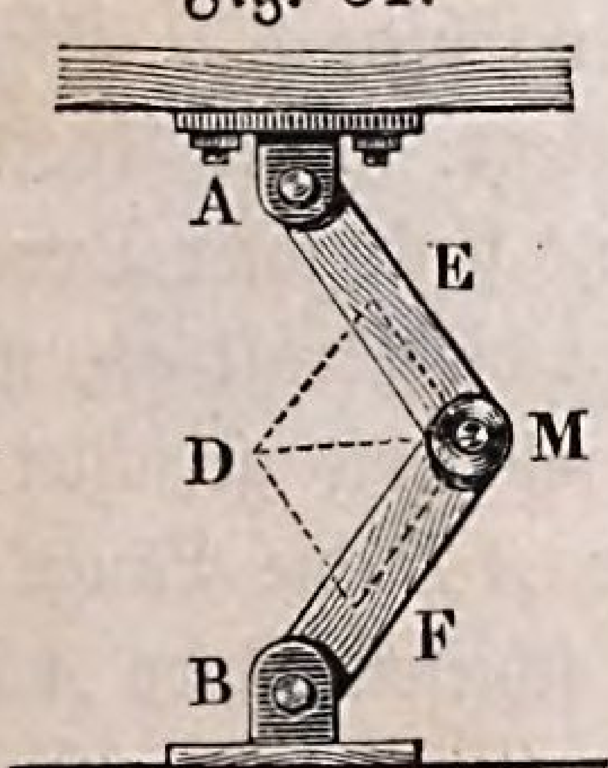


Man sollte nun glauben, daß durch Anwendung sehr vieler Rollen ungeheure Lasten mit Leichtigkeit zu heben seien. Allein sie bieten alsdann nicht mehr die gewünschten Vortheile, einestheils, weil mit jeder neuen Rolle der Weg, welchen die Last zurücklegt, verkleinert, hingegen die Reibung, welche, wie wir gleich sehen werden, ein beträchtliches Hinderniß der Bewegung ist, vergrößert wird.

Zu bemerken ist jedoch, daß die Wirkungsweise der Rollen auch aus den Gesetzen des Parallelogramms der Kräfte sich ableiten läßt.

Wenn wir am Schlusse des §. 43 gesagt haben, 51
daß in der Mechanik Vortheil gezogen werde aus der Zerlegung der Kräfte, so wählen wir als Beispiel dafür den Kniehebel, Fig. 51, und erklären seine Wirkung mit Hülfe des Parallelogramms der Kräfte. Der Kniehebel besteht aus zwei durch das Gelenk *M* verbundenen Metallstäben; der obere ist vermittels des Gelenkes *A* an einem festen Widerlager angebracht, während der untere auf eine Platte sich stemmt, welche einem auf sie wirkenden Drucke nachgeben kann. Greift an dem Punkte *M* eine Kraft *MD* an, welche die Metallstäbe *MA* und *MB* gerade zu stellen sucht, so zerlegt sich ihre Wirkung in die Seitenkräfte *ME* und *MF*, die sich ergeben, wenn man das Parallelogramm *MFDE* construirt, dessen Diagonale *MD* ist. Die Wirkung der nach oben gerichteten Kraft *ME* wird durch den festen Widerstand aufgehoben, während die abwärts wirkende Seitenkraft *MF* bei *B* auf die unterliegende Platte einen Druck ausübt. Es läßt sich durch diese Einrichtung ein Kraftgewinn erzielen, indem *MF* offenbar größer werden kann als *MD*, ja es nimmt *MF* um so mehr zu, je stumpfer der Winkel bei *M* (das Knie) wird. Der Kniehebel wird mit großem Vortheile bei Druckpressen und Prägwerken angewendet, bei welchen es sich darum handelt, auf kurze Entfernungen einen vorübergehenden, aber äußerst starken Druck auszuüben.

Fig. 51.



52 Die schiefe Ebene bietet ein weiteres Beispiel von der Zerlegung einer Kraft in zwei Seitenkräfte. Ihrer Erläuterung ist jedoch Einiges vorauszugehen zu lassen. Nach §. 17 wird der von einem Körper in Folge der Schwere auf seine Unterlage ausgeübte Druck das Gewicht dieses Körpers genannt. Wenn wir einen auf einer horizontalen Ebene liegenden Körper verschieben, so ist keineswegs dessen Gewicht zu überwinden, da dieses vollständig getragen wird, sondern nur die Reibung des Körpers an der Ebene, und diese ist um so geringer, je glatter die beiderseitigen Oberflächen sind. In der folgenden Betrachtung soll jedoch von der Reibung ganz abgesehen und angenommen werden, daß sie gleich Null sei, was freilich in der Wirklichkeit niemals auszuführen ist. In diesem Falle muß eine sehr kleine Kraft schon hinreichen, einen Körper zu verschieben, dessen Gewicht von seiner Unterlage getragen wird.

So soll das kleine Gewicht G gerade hinreichen, um den Körper L, Fig 52, auf der Ebene AB fortzuschieben, wobei die Linie ab die Größe des senkrechten Druckes vorstellt, den AB durch L erleidet. Geben wir jedoch dieser Ebene die geneigte Stellung Fig. 53, so reicht G keineswegs hin, den Körper

Fig. 52.

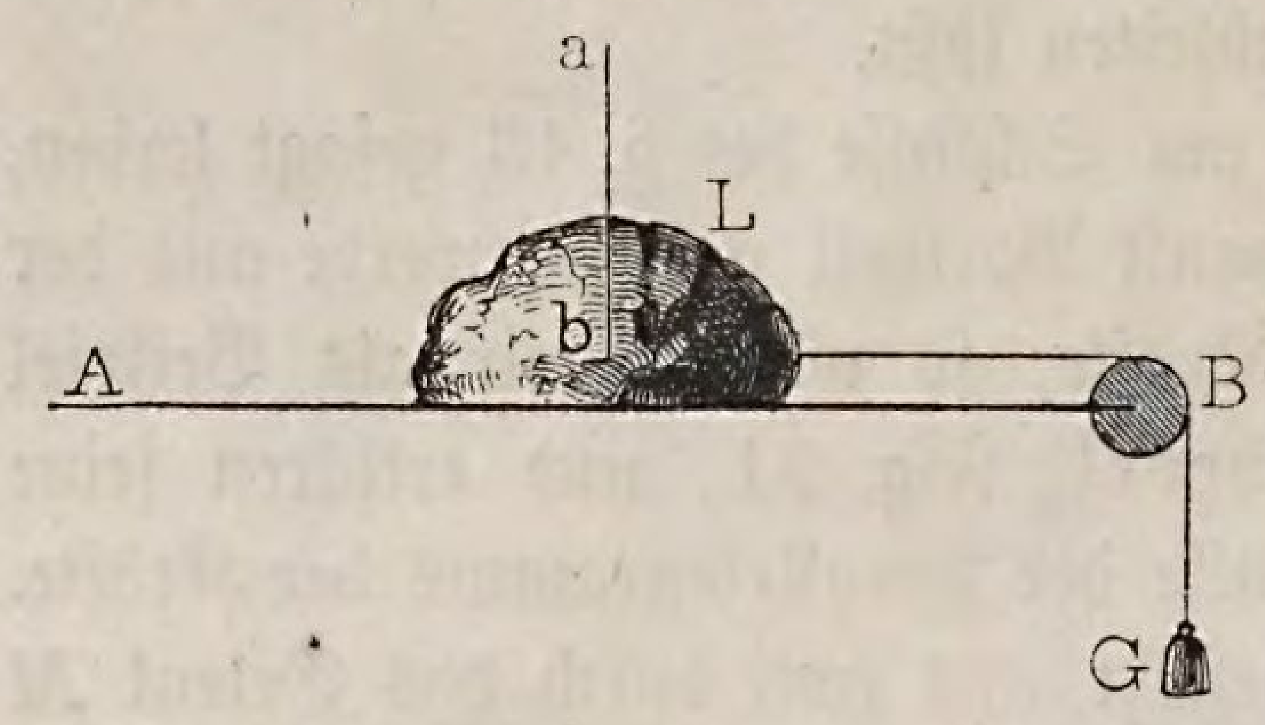
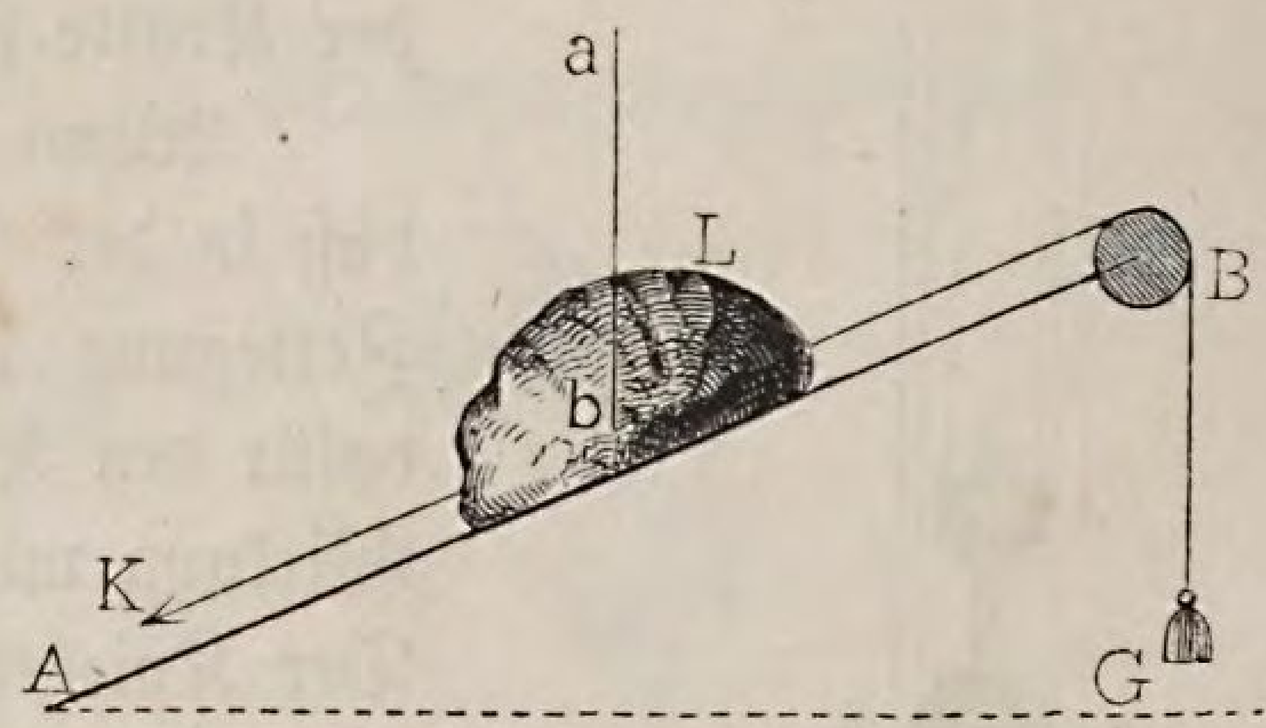


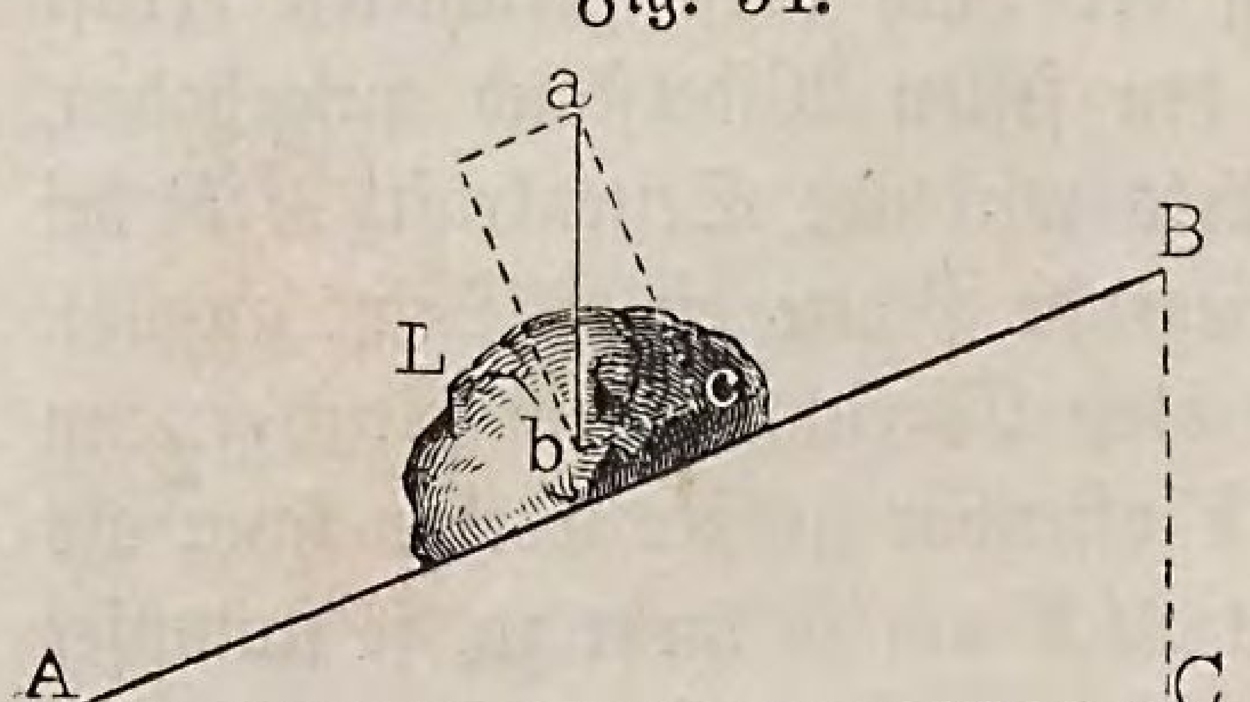
Fig. 53.



L in der Richtung AB zu verschieben; derselbe wird vielmehr in der entgegengesetzten Richtung nach A heruntergleiten, gerade so, als ob bei K eine Kraft denselben in paralleler Richtung mit der Ebene herunterzöge. Hieraus folgt, daß die Ebene nicht mehr das ganze Gewicht des Körpers trägt, daß folglich der senkrechte Druck, den sie erleidet, nicht mehr durch die Linie ab, Fig. 52, sondern durch eine kürzere Linie vorgestellt werden muß.

Es wird nämlich die Kraft ab, mit welcher bei der wagerechten Ebene, Fig. 52, der Körper L auf dieselbe drückte, bei der schiefen Ebene AB, Fig. 54, in zwei Kräfte zerlegt: in die Kraft ac, welche nunmehr als senkrechter Druck auf AB wirkt, und in die Kraft cb, welche parallel mit AB abwärts gerichtet ist.

Fig. 54.

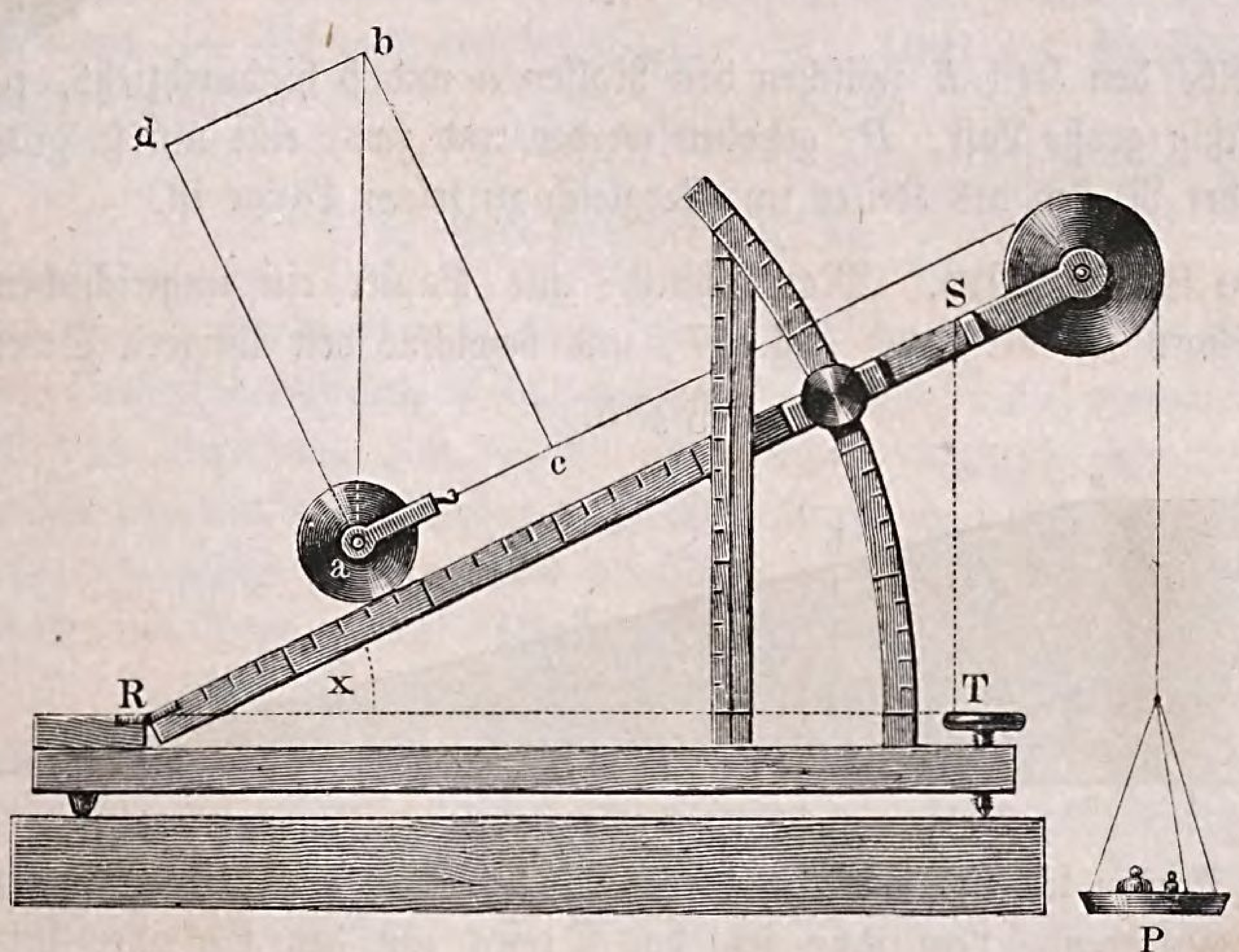


Nennen wir AB die Länge und BC die Höhe der schiefen Ebene AB, so läßt sich nach den Gesetzen der Geometrie aus der Aehnlichkeit der Dreiecke abc und ABC nachweisen, daß die abwärts treibende Kraft bc zum Gewichte ab des Körpers L sich verhält wie die Höhe BC der schiefen Ebene zu ihrer Länge AB. Wenn daher die Höhe BC

der vierte, fünfte oder sechste Theil der Länge *AB* ist, so wird die Kraft *bc* gleich sein dem vierten, fünften, sechsten Theile vom Gewichte des Körpers.

Was nun die Anwendung der schiefen Ebene betrifft, so dient sie ganz 53 allgemein, um die Hebung von Lasten auf eine gegebene Höhe zu erleichtern, also beim Uebergange von Gebirgen, bei Bauwerken u. s. w., und die Erleichterung ist hierbei um so größer, je geringer ihre Höhe *BC* im Vergleich zu ihrer Länge *AC* oder, wie man gewöhnlich sagt, je geringer ihre Steigung ist, die bei gewöhnlichen Landstraßen nicht über 5 Proc. und bei Eisenbahnen nicht über $^1/_2$ Proc. betragen soll. Auch die eigenthümliche Stellung der Füße trägt dazu bei, daß es uns bei stark geneigten Ebenen sehr unbequem oder selbst unmöglich ist, den Körper an denselben auf und ab zu bewegen. Daher finden wir durch die an den Treppen angebrachten Stufen die schiefe Bewegung zerlegt in senkrechte Hebungen und wagerechte Schritte. Die Bewegungserscheinungen an der schiefen Ebene lassen sich sehr gut durch verschiedene einfache Versuche und Vorrichtungen erläutern. So wird es sich unserer Hand durch den ungleichen Kraftaufwand alsbald fühlbar machen, ob wir eine Last nur auf einer horizontalen Fläche fortzubewegen, oder ob wir dieselbe an einer geneigten Fläche, oder an einer senkrechten hinaufzuziehen haben. Genauere Versuche lassen sich mit Hülfe der schiefen Ebene *RS*, Fig. 55, anstellen. Um der aus einer polirten Messingwalze *a* bestehenden Last das Gleichgewicht zu halten, müssen wir in die Schale

Fig. 55.

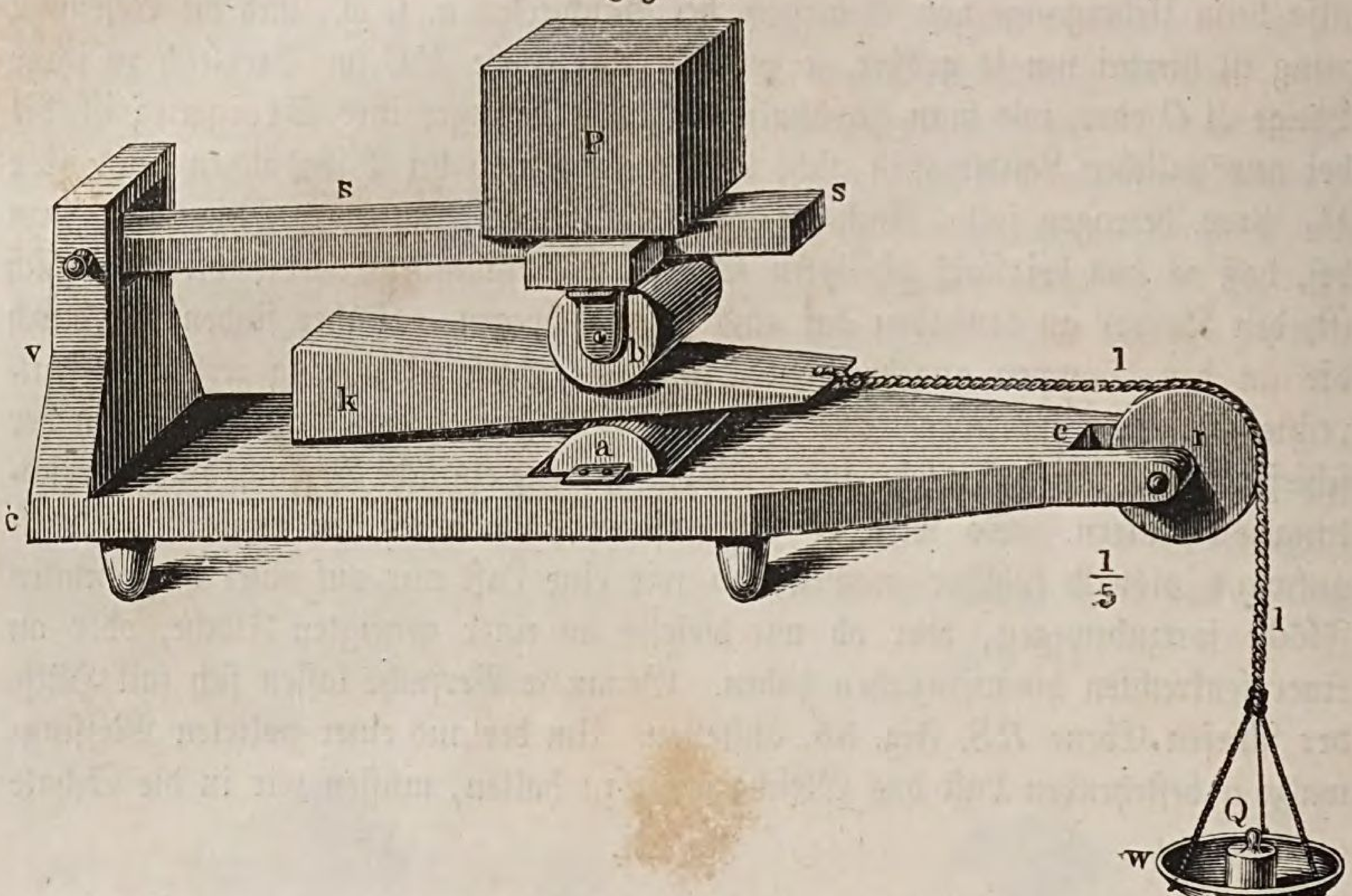


P um so mehr Gewicht einlegen, je größer die Höhe *TS* im Verhältniß zur Länge *RS* ist. An beiden Apparaten kann vermittels einer Stellschraube der schiefen Ebene eine beliebige Neigung gegeben werden.

Außerdem findet die schiefe Ebene bei einer Menge unserer Instrumente und Werkzeuge Anwendung. So sind die Schneiden der Messer, Meißel und Aexte aus zwei zu einer Kante zusammenstoßenden schiefen Ebenen gebildet, wie

dies auch bei dem **Keil** der Fall ist, diesem einfachen Werkzeug, das beim Spalten, bei den Keilpressen und Keilschlüssen sowie zum Heben wesentliche Dienste leistet. Wie Fig. 56 veranschaulicht, kann man vermittels des kleinen Gewichtes *Q*, in-

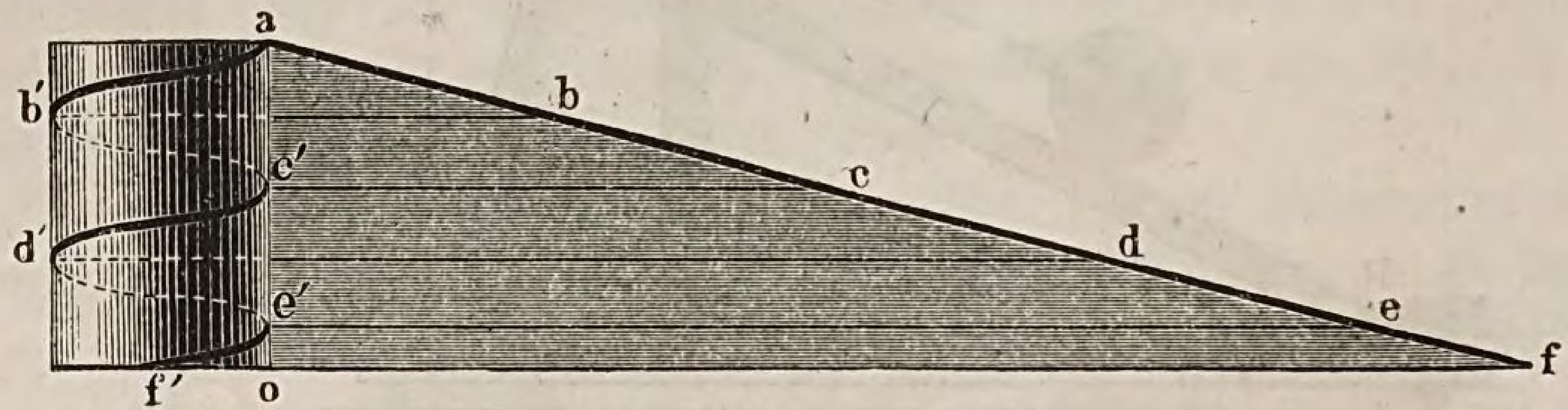
Fig. 56.



dem dasselbe den Keil *k* zwischen den Rollen *a* und *b* hindurchzieht, eine verhältnißmäßig große Last, *P*, gehoben werden und zwar eine um so größere, je schmäler der Rücken des Keiles im Vergleich zu seiner Länge ist.

54 **Die Schraube.** Man schneide aus Papier ein ungleichschenkeliges, rechtwinkeliges Dreieck *aof*, Fig. 57, und bezeichne den längern Schenkel *af*

Fig. 57.



mit einer starken schwarzen Linie; hierauf klebe man den kürzern Schenkel *ao* an einen Cylinder. Legt man jetzt das Dreieck um den Cylinder herum, so bildet die schwarze Linie *af* eine um denselben gewundene **Schraubenlinie**. Ist *cc′* gleich dem Umfang des Cylinders, so macht die Linie *ac* beim Umwickeln einen vollständigen **Schraubenumgang**, indem *c* nach *c′*, senkrecht unter *a* kommt. Die Höhe von *c′* bis *a* ist die **Höhe** des Schraubenumganges. Je nachdem wir uns auf einer solchen Schraubenlinie entweder ein dreikantiges oder vierkantiges Prisma aufgesetzt und um den Cylinder herumgelegt denken, erhalten wir ein **scharfes Schraubengewinde**, Fig. 58, oder ein **flaches**

Schraubengewinde, Fig. 59. Werden ähnliche Schraubenwindungen um die innere Wand eines hohlen Cylinders geführt, so erhält man die sogenannte *Schraubenmutter*, Fig. 60, welche zur Aufnahme einer ihr genau ent-

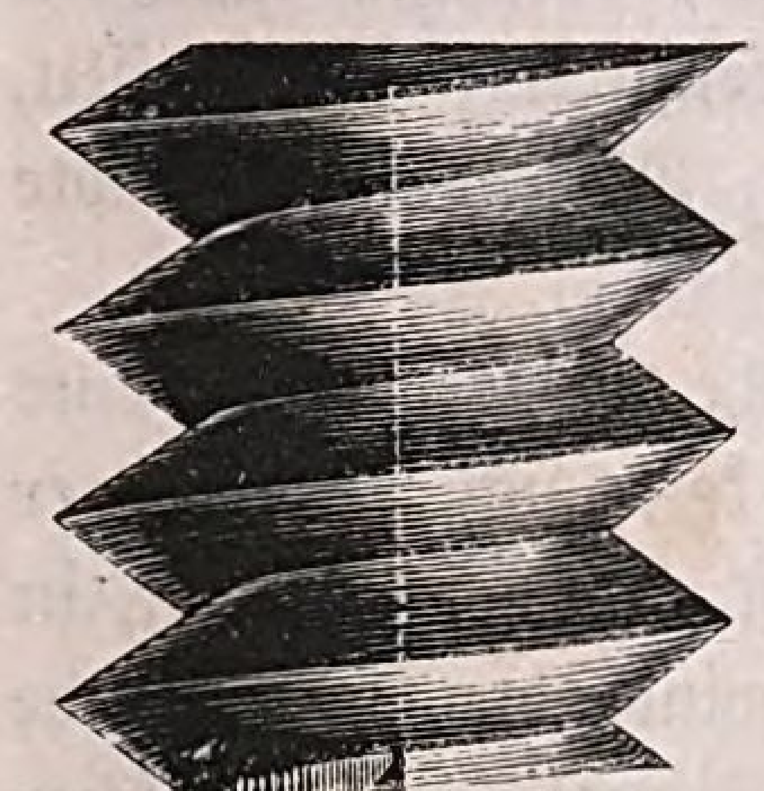


Fig. 58.

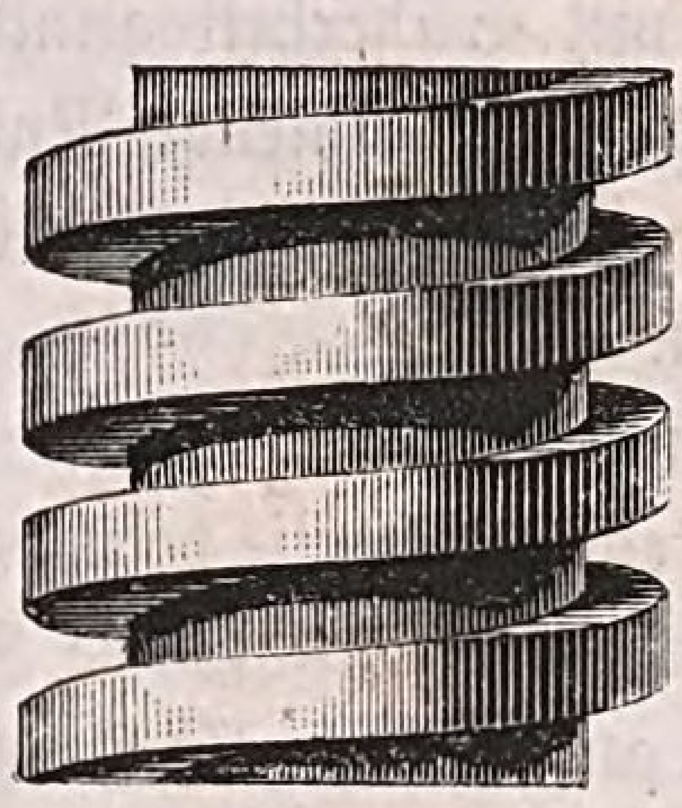


Fig. 59.

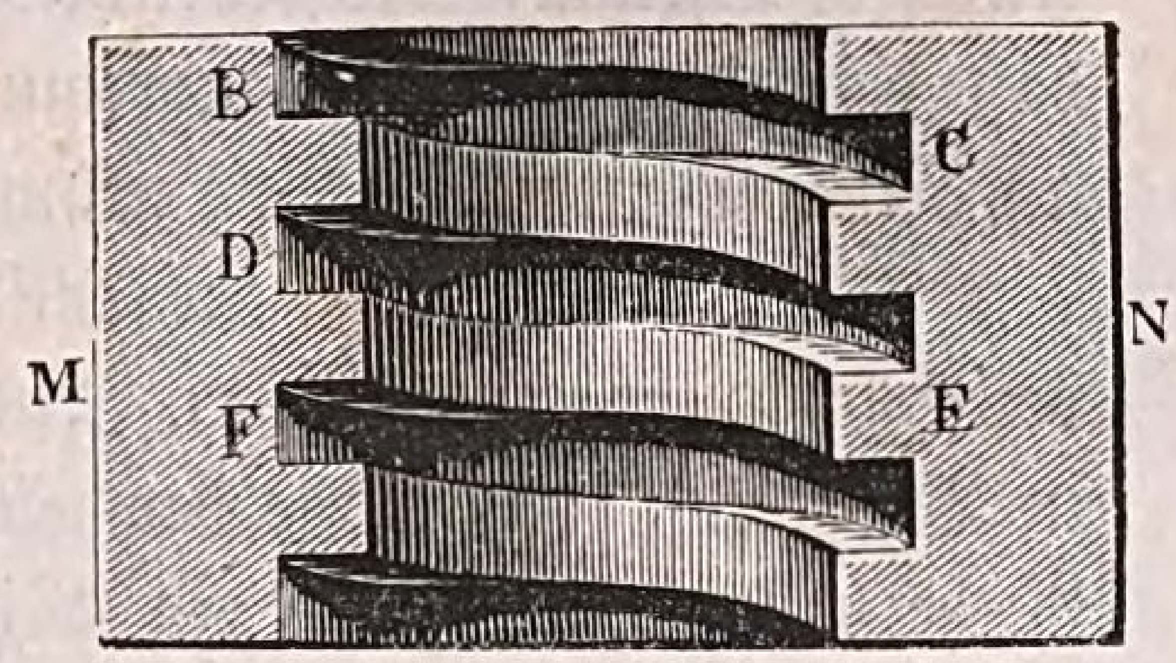


Fig. 60.

sprechenden *Schraube* (auch *Schraubenspindel* genannt) dient. Der Vortheil, welchen die Verwendung der Schrauben gewährt, beruht darauf, daß sie einestheils durch die große bei denselben stattfindende Reibung zur Herstellung sehr fester Verbindungen dienen, während sie andererseits als aneinander auf- und abgleitende schiefe Ebenen doch wieder eine gewisse Beweglichkeit gestatten. Letztere wird natürlich um so leichter vor sich gehen, je geringer die Höhe der Schraubenumgänge ist. Außer der gewöhnlichen Schraube, dem Bohrer und Korkzieher, sind als Anwendungen noch anzuführen: die Schraubenpresse, das Schraubenboot, die Schnecke des Archimedes (Fig. 102) und die Meßschraube (Mikrometerschraube).

b. Von der Bewegung.

Ein Körper ist in *Bewegung*, wenn wir ihn nach und nach an ver- 55
schiedenen Stellen des Raumes wahrnehmen. Er ändert alsdann fortwährend seinen Ort in Beziehung auf die ihn umgebenden Gegenstände, und hieran erkennen wir überhaupt die Bewegung. Der Zeiger der Uhr rückt von Ziffer zu Ziffer, das Schiff gleitet vorbei an Thal und Hügel, der Bahnzug saust durch Stadt und Land — diese Körper sind in Bewegung, da wir wahrnehmen, daß sie von den benachbarten Gegenständen sich entfernen und den entfernten sich nähern.

Unverrückt hingelagert erscheint uns dagegen ein mächtiges Gebirge, unbeweglich die Masse eines Gebäudes, festgewurzelt der Baum. Diesen Zustand des Verharrens eines Körpers und aller seiner Theile in stets gleicher Entfernung von den Gegenständen seiner Umgebung nennen wir *Ruhe*. Demnach ist eine Kugel, die ohne ihren Ort zu ändern, sich um ihre Achse dreht, keineswegs in Ruhe, denn die einzelnen Theile ihrer Masse ändern ihren Ort.

Es gehört also wesentlich zur Wahrnehmung der Bewegung, daß gewisse Gegenstände an ihrem Orte verharrend erscheinen. Denn würden alle gleichmäßig sich bewegen, so würden sie uns Alles in Ruhe befindlich erscheinen lassen, da ihre gegenseitige Lage unverändert bliebe, wie dieses beim Anblick des

sternbesäeten Himmels, der Gebirge, Wälder und Städte der Erdoberfläche sich darstellt.

Die genauere Beobachtung lehrt jedoch, daß alle Himmelskörper, selbst die wegen ihrer ungeheuren Entfernung scheinbar feststehenden Fixsterne, in steter Bewegung sind, und wir können mit Sicherheit annehmen, daß auch nicht ein einziges Theilchen des Weltalls in vollkommener Ruhe verharrt. Wir wissen, daß bei der täglichen Umdrehung der Erde die Gebirge, Wälder und Städte an dieser Bewegung Theil nehmen.

Es giebt daher keine vollkommene (absolute) Ruhe, sondern nur eine beziehungsweise (relative). Auf einem Schiffe befindlich, kann sich mein Körper in Beziehung auf Dinge der nähern Umgebung, wie Mast, Tisch und Bank, in Ruhe befinden, während ein Blick auf die am Ufer entschwindenden Gegenstände mich überzeugt, daß das Schiff sammt Allem darauf Befindlichen in rascher Bewegung ist.

56 Als erstes und wichtiges Gesetz für die Bewegungserscheinungen gilt Folgendes:

1. Ein in Ruhe befindlicher Körper kann sich nicht von selbst in Bewegung versetzen.

2. Ein in Bewegung befindlicher Körper kann nicht von selbst diesen Zustand der Bewegung ändern oder aufheben.

Beide Sätze sind der genauere Ausdruck der in §. 10 bereits angeführten Trägheit der Materie.

Versetzen wir nun einen Körper in Bewegung, so würde derselbe, nach dem zweiten Satze, die ihm ertheilte Bewegung ungeschwächt bis ins Unendliche fortsetzen, wie dieses bei den Himmelskörpern wirklich der Fall ist. Im Bereiche der Erde befindlich, können wir jedoch eine solche ewige Bewegung keinem Körper ertheilen. Schießt man z. B. eine Kugel mit der stärksten Ladung in die Luft, oder rollt sie über eine spiegelglatte Eisfläche dahin, so wird ihre Bewegung allmälig langsamer werden und endlich ganz aufhören. In beiden Fällen gelangt die Kugel nicht von selbst in Ruhe, sondern es sind andere Kräfte, nämlich der Widerstand der Luft und die Anziehung der Erde, welche der Bewegung ein Ende machen.

57 Bei weiterer Verfolgung der Bewegung betrachten wir zunächst ihr Verhältniß zu Raum und Zeit, nämlich ihre Richtung und Geschwindigkeit.

Die Entfernung von dem Punkte, wo die Bewegung eines Körpers beginnt, bis zu dem, wo sie aufhört, nennt man seinen Weg, und die Linie, welche diesen Weg bezeichnet, heißt Richtung. Diese ist entweder eine stetig unveränderte, geradlinige, oder sie ist krummlinig. Die kreisförmige Bewegung der Punkte eines um sich selbst drehenden Körpers heißt Rotationsbewegung.

58 Durch die Vergleichung der Länge des Weges mit der Zeit, in welcher er zurückgelegt wird, erhält man die Geschwindigkeit der Bewegung. In der Regel versteht man unter „Geschwindigkeit" den in einer Secunde zurückgelegten Weg.

Es giebt außerordentlich verschiedene Grade der Geschwindigkeit. So legt

z. B. der Minutenzeiger einer Uhr denselben Weg in einer Stunde zurück, zu welchem der Stundenzeiger zwölf braucht. Die Schnecke legt in einer Secunde eine Linie, ein Schnellläufer 25 Fuß, ein Schnellzug 44 Fuß, ein Rennpferd 50 Fuß, der Sturmwind 124 Fuß, der Schall 1050 Fuß, eine 24pfündige Kanonenkugel 2400 Fuß und das Licht gar 42000 Meilen zurück.

Die weitere Untersuchung zeigt uns, daß die Bewegung entweder gleich- 59
förmig oder ungleichförmig ist.

Bei der gleichförmigen Bewegung werden in denselben Zeittheilen gleiche Wege zurückgelegt, selbst wenn die Zeittheile noch so klein sind. Wenn daher ein Körper in einer Stunde eine Meile zurücklegt, so muß er in einer Minute den sechszigsten Theil der Meile, in einer Secunde $^1/_{3600}$ Meile zurücklegen.

Die gleichförmige Bewegung setzt voraus, daß der bewegte Körper unter dem Einflusse einer stetig fortwirkenden Kraft sich befindet, welche genau die der Bewegung entgegenwirkenden Hindernisse ausgleicht, so daß die anfängliche Geschwindigkeit unverändert fortdauert.

Ungleichförmig ist die Bewegung, wenn die Wege in jedem folgenden Zeittheilchen entweder größer oder kleiner werden, weshalb sie zunehmende oder beschleunigte Bewegung im ersten Falle, und abnehmende oder verzögerte im zweiten genannt wird.

Die gleichförmig beschleunigte Bewegung entsteht, wenn auf einen in Bewegung befindlichen Körper fortwährend eine sich gleichbleibende Kraft in derselben Richtung wirkt, was bei einem fallenden Körper stattfindet. Bei der verzögerten Bewegung wirkt dem bewegten Körper fortwährend eine Kraft entgegen, z. B. die Schwerkraft auf einen in die Höhe geworfenen Stein.

Die Fallbewegung. Nach dem oben angeführten Gesetze der Trägheit 60
kann ein Körper, dem eine Bewegung ertheilt worden ist, sich nicht von selbst in Ruhe versetzen, ja er wird diese Bewegung mit unveränderter Richtung und Geschwindigkeit beibehalten, so lange keine störende oder hemmende Ursache auf dieselbe einwirkt. Unter dieser Voraussetzung muß also ein Körper, dem ich durch einen Stoß eine gewisse Geschwindigkeit, z. B. von 30 Fuß in der Secunde, ertheilt habe, diese unverändert für alle folgenden Secunden beibehalten, so daß er in jeder derselben einen Weg von 30 Fuß zurücklegt. Ertheile ich aber diesem Körper am Anfange der zweiten Secunde abermals einen Stoß von gleicher Stärke, so ist es klar, daß er jetzt die doppelte Geschwindigkeit annehmen muß, und indem ich ihm in jeder folgenden Secunde einen Stoß von gleicher Stärke gebe, wird er in der dritten, vierten, fünften Secunde eine dreifache, vierfache, fünffache Geschwindigkeit erhalten, seine Geschwindigkeit wird eine gleichförmig beschleunigte sein. Man kann sich aber auch vorstellen, daß solche Stöße noch viel rascher auf einander folgen, daß sie in verschwindend kleinen Zeittheilchen ertheilt werden. Eine solche Annahme ist zulässig beim Falle der Körper, und es ist hier die Schwerkraft die in jedem Zeittheilchen beschleunigend einwirkende Kraft.

Durch genaue Versuche hat man gefunden, daß ein Körper, wenn er nur

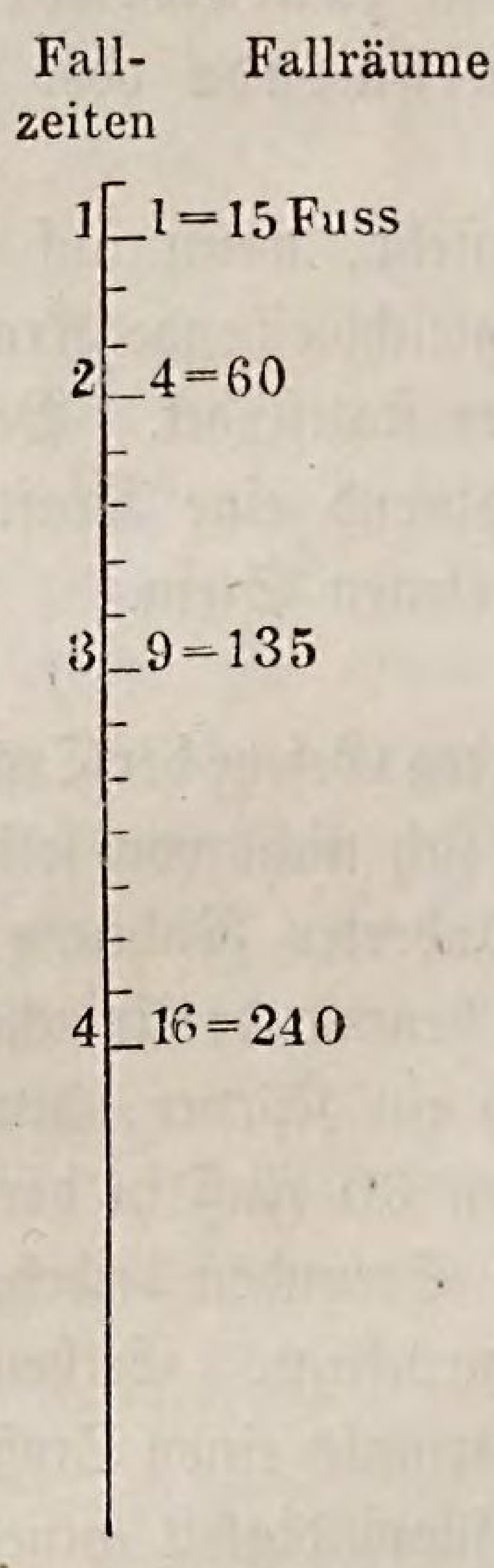
eine Secunde lang fällt, in dieser Zeit einen Weg von 15 pariser Fuß = 4,9 Meter zurücklegt, und daß er am Ende dieser Secunde eine Geschwindigkeit von 30 Fuß erlangt hat. Da aber während der zweiten Secunde die Schwerkraft gerade so auf den Körper einwirkt wie in der ersten, so wird seine Geschwindigkeit in demselben Verhältnisse zunehmen, wie die Fallzeit, es wird also sein:

am Ende der	1sten	2ten	3ten	4ten	5ten	*n*ten Secunde
die Geschwindigkeit =	30	60	90	120	150	*n* 30 Fuß.

Untersuchen wir nun weiter den **Fallraum**, d. i. den Weg, welchen ein fallender Körper in Folge dieser stets zunehmenden Endgeschwindigkeiten in einer bestimmten Zeit zurücklegt.

Am Ende der ersten Secunde hat derselbe bereits 15 Fuß zurückgelegt; er besitzt ferner eine Endgeschwindigkeit von 30 Fuß, die gerade so wirkt, als ob wir dem Körper beim Beginne der zweiten Secunde einen Stoß gegeben hätten, der ihn 30 Fuß forttreibt. Ganz unabhängig hiervon wirkt aber auf diesen Körper noch die Schwerkraft, vermöge welcher er an und für sich in der zweiten Secunde gerade so gut 15 Fuß fallen muß, als in der ersten. Würde ich in der That den Körper am Ende der ersten Secunde momentan hemmen, folglich seine Endgeschwindigkeit 30 aufheben, so würde er, wieder freigegeben, in der zweiten Secunde 15 Fuß fallen; hemme ich ihn aber nicht, so muß er offenbar 15 + 30 = 45 Fuß in der zweiten Secunde zurücklegen. Addire ich hierzu den während der ersten Secunde bereits zurückgelegten Weg von 15 Fuß, so finde ich, daß ein Körper, der zwei Secunden lang gefallen ist, einen Weg von 15 + 15 + 30 = 60 Fuß zurückgelegt hat.

Fig. 61.



Indem wir die gleiche Betrachtung wiederholen, ergiebt es sich, daß wir für jede folgende Anzahl von Secunden den Fallraum finden, wenn wir zusammenzählen: 1) den Fallraum eines Körpers an und für sich während je einer Secunde; 2) die Endgeschwindigkeit der vorhergehenden Secunde; 3) den bereits zurückgelegten Weg, z. B.

Fallzeiten	=	1	2	3	4	5	u. s. w. Secunden
1. Fallraum für je eine Secunde	=	15	15	15	15	15	
2. erlangte Endgeschwindigkeiten	=	0	30	60	90	120	
3. bereits zurückgelegter Weg	=	0	15	60	135	240	
Fallräume	=	15	60	135	240	375	u. s. w. Fuß.

Wenn wir die erhaltenen Summen unter einander vergleichen, so finden wir alsbald, daß sie sich verhalten wie die Zahlen 1 : 4 : 9 : 16 : 25 oder wie $1 : 2^2 : 3^2 : 4^2 : 5^2$ und es ergiebt sich hieraus der folgende Ausdruck für das Fallgesetz: Die Fallräume verhalten sich wie die Quadrate der Fallzeiten.

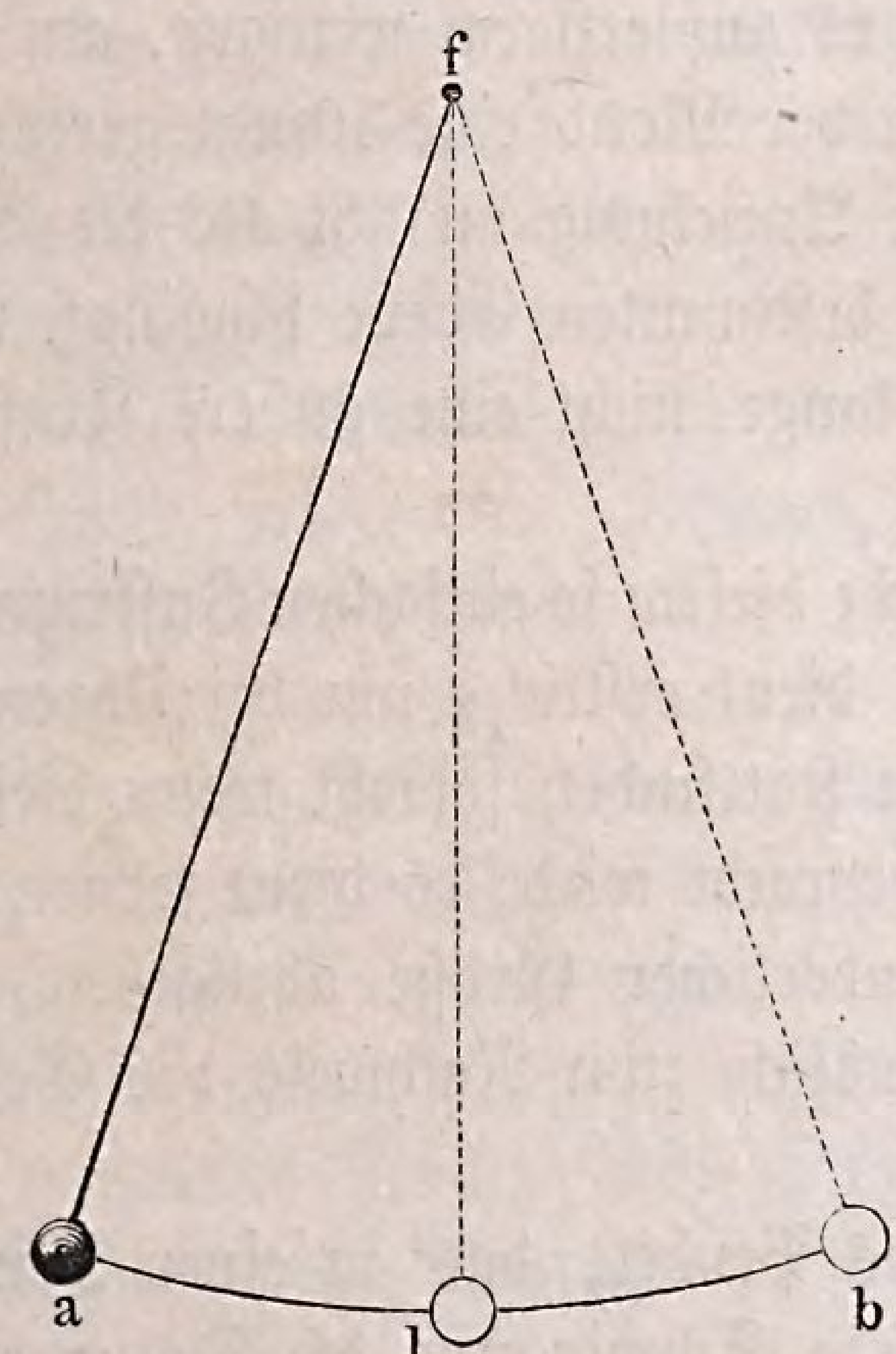
Die Richtigkeit dieses Gesetzes läßt sich durch die Versuche an Galilei's schiefer Ebene sowie an der Fallmaschine von Atwood bestätigen, und Fig. 61 zeigt uns das Verhältniß der Fallräume für 4 Secunden.

Mittlere Geschwindigkeit. Ein Körper, der eine Secunde lang fällt, legt einen Weg von 15 Fuß zurück; seine Geschwindigkeit, die am Anfange der Secunde gleich 0 war, nimmt in jedem folgenden Theile der Secunde zu und ist am Ende derselben gleich 30. Dieser Körper würde genau denselben Weg zurückgelegt haben, wenn er gleich am Anfange der Secunde eine Geschwindigkeit von 15 Fuß gehabt und mit dieser gleichförmig eine Secunde lang sich bewegt hätte. Eine solche gleichmäßige Geschwindigkeit, welche für eine gegebene Zeit dieselbe Wirkung hervorbringt wie die beschleunigte, wird deren mittlere Geschwindigkeit genannt; es ist diejenige, welche der Körper in der Hälfte seiner Bewegungszeit erlangt hat. Die mittlere Geschwindigkeit ist gleich der halben Endgeschwindigkeit, $\frac{30}{2} = 15$. 61

Wir haben oben gesehen, daß der beschleunigt fallende Körper in 4 Secunden 240 Fuß zurücklegt; ferner daß seine Geschwindigkeit in der Hälfte dieser Zeit, am Ende der zweiten Secunde, gleich 60 ist; hätte er gleich von Anfang an mit dieser mittlern Geschwindigkeit 4 Secunden lang sich bewegt, so wäre sein Weg derselbe, nämlich $4 \times 60 = 240$ gewesen.

Das Pendel. Ein schwerer Körper, z. B. eine Kugel oder Scheibe von Metall, welcher an einem Faden aufgehängt ist, stellt ein Pendel vor. 62

Fig. 62.



Bringt man das Pendel aus der senkrechten oder Gleichgewichtslage *fl*, Fig. 62, so daß etwa die Kugel bei *b* sich befindet, und überläßt sie sich selbst, so fällt sie nach dem Punkte *l* und steigt alsdann auf der entgegengesetzten Seite bis *a*, welches um ein Unmerkliches niedriger liegt als *b*. Bei *a* angekommen, fällt die Kugel wieder und steigt auf der andern Seite, ohne jedoch genau wieder die Höhe von *b* zu erreichen, und in solcher Weise dauern diese Bewegungen, welche man die Schwingungen oder Oscillationen des Pendels nennt, fort, indem jede folgende unmerklich kleiner ist als die vorhergehende, bis das Pendel

endlich in Ruhe gelangt. Die nähere Betrachtung zeigt, daß die Schwingungen des Pendels von der Schwere abhängende, etwas veränderte Fallbewegungen sind. Bei *b* einerseits von der Erde angezogen, andererseits durch den Faden in unveränderlicher Entfernung von dem Aufhängepunkte gehalten, entsteht aus diesen beiden Kräften ein kreisförmiger Weg, in welchem das Pendel, mit der nach dem §. 59 gegebenen Fallgesetze stets zunehmenden Geschwindigkeit, nach dem am tiefsten liegenden Punkte *l* hinfällt. An dieser der Richtung der Schwerkraft entsprechenden Lage *fl* würde das Pendel in Ruhe verharren, wenn es nicht durch den Fall von *b* nach *l* eine gewisse Geschwindigkeit erlangt hätte. Es steigt nun mit dieser durch den Einfluß der Schwere stets verminderten Geschwindigkeit auf der andern Seite so lange, bis letztere überwunden ist, worauf das Pendel von dem Punkte *a* an wieder fällt. So würden seine Schwingungen ewig fortdauern, wenn nicht die Reibung am Aufhängepunkte und der Widerstand der Luft entgegenwirkten und endlich die Ruhe herstellten.

Man hat über die Pendelschwingungen einige Gesetze aufgefunden, die wesentlich in Folgendem bestehen:

1. Die einzelnen Schwingungen eines und desselben Pendels sind von gleicher Dauer, mag nun der Ausschlag größer oder kleiner sein, vorausgesetzt, daß der Bogen *ab* überhaupt nicht über 5 Grad beträgt.

2. Zwei Pendel von gleicher Länge machen in einer und derselben Zeit eine gleiche Anzahl von Schwingungen.

3. Zwei Pendel von ungleicher Länge machen in einer und derselben Zeit eine ungleiche Anzahl von Schwingungen, und zwar macht das längere weniger als das kürzere.

4. Ein und dasselbe Pendel macht überall, wo die Schwere in derselben Weise und Stärke wirkt, in einer bestimmten Zeit die gleiche Anzahl von Schwingungen. Könnten wir dasselbe Pendel, welches auf der Erde in einer bestimmten Zeit eine gewisse Anzahl von Schwingungen macht, auf den Mond und die Sonne bringen und dort beobachten, so würde es auf ersterm weniger, auf letzterer sehr viel mehr Schwingungen machen, da der Mond eine 50mal geringere, die Sonne eine vierhunderttausendmal stärkere Anziehung ausübt als die Erde.

5. Ein einfaches Pendel, welches in einer bestimmten Ebene schwingt, wird diese seine Schwingungsebene beibehalten, so lange nicht eine äußere Kraft es aus derselben verdrängt.

Hieraus folgen einige Anwendungen, welche diesem so einfachen Instrumente eine große Bedeutung verleihen. Das Pendel dient erstlich, um bei Uhren die ungleichförmige Bewegung auszugleichen, welche stattfindet, sowohl wenn dieselbe durch ein Gewicht als durch eine Feder hervorgebracht wird; es dient ferner, um ein Längenmaaß von bestimmter und unveränderlicher Größe abzugeben, zur Bestimmung der Dichte der Erdmasse und endlich zum Nachweis der Gestalt und der Umdrehung der Erde.

63 Secundenpendel nennt man ein solches Pendel, das in einer Minute genau 60 Schwingungen macht, so daß also jede Schwingung die Dauer einer Secunde hat. Es ist nach dem oben Bemerkten begreiflich, daß das Secunden-

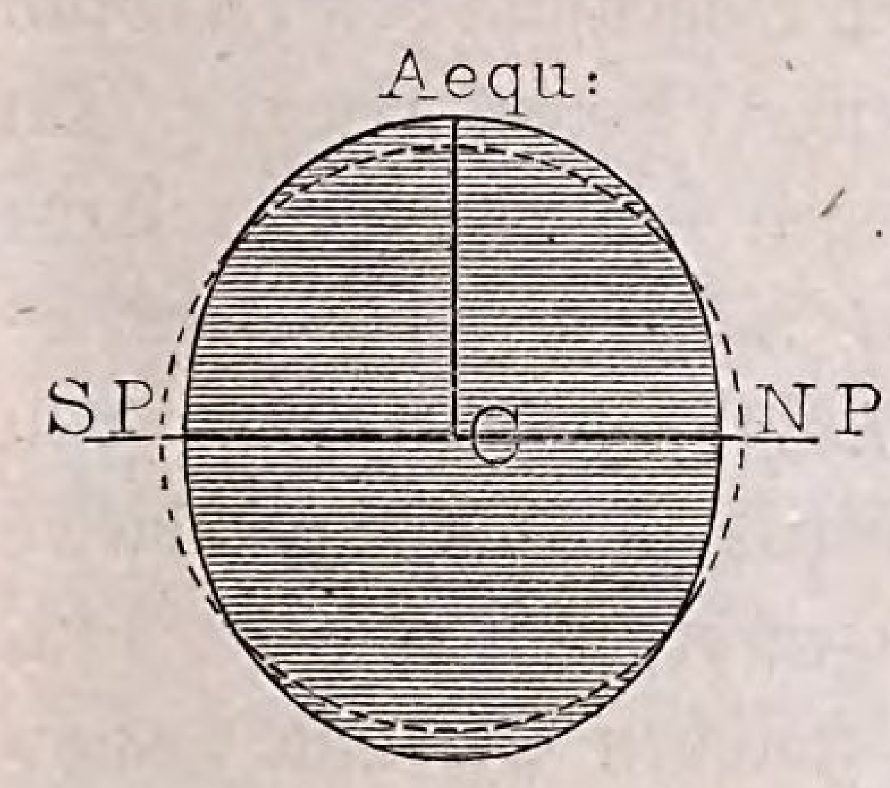
pendel eine ganz bestimmte Länge haben muß. Denn wäre es kürzer, so würde es in einer Minute mehr als 60 Schwingungen, wäre es länger, so würde es weniger machen.

Deswegen kann das Secundenpendel eines Ortes als ein bestimmtes, unveränderliches Längenmaaß benutzt werden. In Paris muß ein solches genau die Länge von 3 Pariser Fuß 8 Linien haben, es ist nur $2\frac{2}{3}$ Linien kürzer als das Meter. In England ist das Längenmaaß dadurch als eine unveränderliche Größe bestimmt worden, daß man festgesetzt hat, der wievielste Theil vom Londoner Secundenpendel der englische Fuß sein soll.

Erstaunt waren dagegen die Physiker, als man die Beobachtung machte, 64
daß ein und dasselbe Secundenpendel nicht an allen Punkten der Erdoberfläche eine gleiche Anzahl von Schwingungen in einer Minute machte. Bringt man z. B. das 3 Fuß 8 Linien lange Pariser Secundenpendel nach dem Aequator, so macht es in einer Minute weniger, dem Nordpol genähert dagegen mehr als 60 Schwingungen.

Da aber die Bewegungen des Pendels von der Schwere abhängig sind, und die Stärke der Schwere abnimmt (§. 15), je weiter man sich von dem Mittelpunkte der Erde entfernt, so schloß man aus den Beobachtungen des Pendels, daß ein Punkt am Aequator weiter von dem Mittelpunkte der Erde entfernt sei als ein Punkt an den Polen derselben. Die Erde kann alsdann keine vollkommene Kugel sein, sondern sie ist, wie Fig. 63, an den Polen etwas abgeplattet. Der Durchmesser der Erde am Aequator beträgt 1719 Meilen, von Pol zu Pol dagegen nur 1713,5 Meilen. Die Fliehkraft, welche die Erde durch ihre Umdrehung hat, trägt übrigens auch noch dazu bei, die Schwingungen des Pendels am Aequator langsamer zu machen.

Fig. 63.

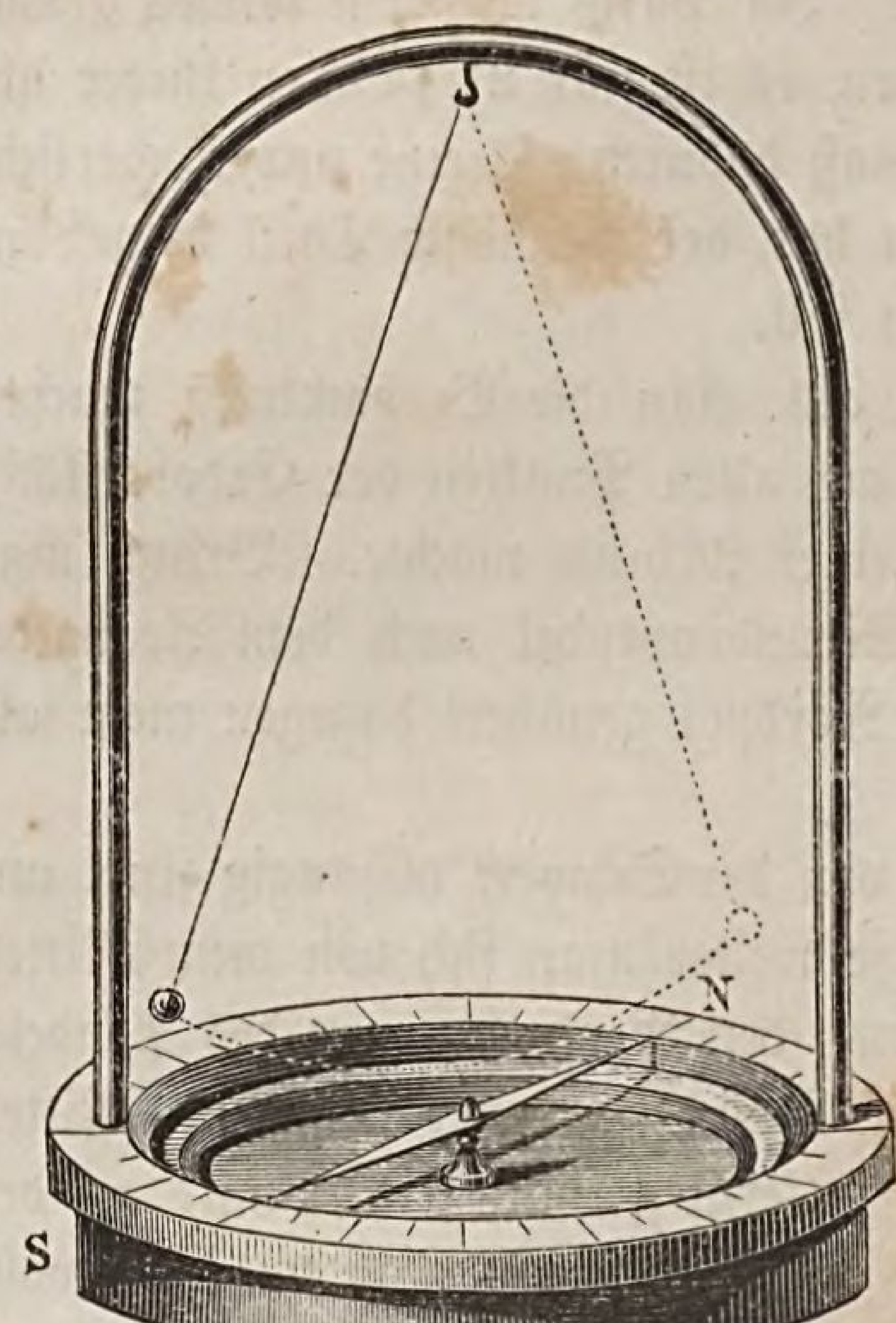


In der Ruhelage nimmt das Pendel eine Richtung an, die wir die senk- 65
oder lothrechte nennen. Wir wissen aus §. 14, daß die Schwerkraft der Erde demselben diese Richtung verleiht. Die Schwerkraft ist aber eine allgemeine Eigenschaft der Körper. Nähert man daher der Kugel eines Pendels von der Seite eine Körpermasse, so wird auch diese die Kugel anziehen und das Pendel von seiner senkrechten Richtung ablenken, vorausgesetzt, daß jene Masse groß genug ist, um ihren Einfluß auf die gewaltige Anziehung der ganzen Erde bemerkbar zu machen. Versuche haben die Richtigkeit dieses Schlusses bestätigt. Als man nämlich ein Pendel in der Nähe eines mächtigen Gebirgsstockes aufhängte, so zeigte dasselbe in der That eine kleine Abweichung von der astronomisch berechneten senkrechten Richtung. Aus der Größe dieser Ablenkung sowie durch Ausmessung jener Gebirgsmasse wurde das specifische Gewicht oder die mittlere Dichte der Erde gleich 4,71 berechnet. Spätere Versuche mit einem horizontal schwingenden Pendel ergaben die Zahl 5,6 als mittlere Dichtigkeit der Erde.

Daß die Schwingungsebene eines Pendels ihre Richtung unverändert bei-

behält, lehrt der folgende Versuch. Die magnetische Nadel eines Compasses, Fig. 64, weist bekanntlich unabänderlich nach Nord, hier in der Richtung *SN*. Wir errichten auf der in Grade getheilten Scheibe einen Bügel, befestigen an demselben ein Pendel und lassen dieses genau in der Richtung *SN* schwingen. Wird nun die Scheibe langsam in Drehung versetzt, so behalten die Pendelschwingungen ebenso wie die Nadel unverändert die Richtung *SN* bei und es können nach und nach alle Grade der Kreistheilung unter demselben hinweggehen, in welchem Falle eine vollständige Umdrehung der Scheibe vollendet worden ist.

Fig. 64.



Errichten wir auf einer ähnlichen Kreistheilung und genau über dem Nordpol ein Pendel und lassen dasselbe schwingen, so muß, wenn die Erde sich wirklich um ihre Achse dreht, in 24 Stunden die ganze Kreistheilung, oder in einer Stunde ein Bogenstück von 15 Grad unter dem Pendel hinweggehen. Da man jedoch wegen der Größe der Erde ihre Umdrehung nicht merkt, so wird es den Anschein haben, als ob das Pendel selbst seine Richtung ändere und von Grad zu Grad fortrücke. Allerdings ist uns der Nordpol zu Anstellung dieses Versuchs nicht zugänglich, allein die Pendelschwingungen ergeben eine der Umdrehung der Erde entsprechende Abweichung an jedem zwischen Pol und Aequator liegenden Ort. Berechnung und Versuch beweisen übereinstimmend, daß dieselbe mit der Entfernung vom Pol abnimmt und am Aequator gleich Null ist. Es bedarf zu solchen Versuchen eines Pendels von 67 Meter Länge mit einer 50 Pfd. schweren Kugel, damit seine Schwingungen 5 bis 6 Stunden anhalten.

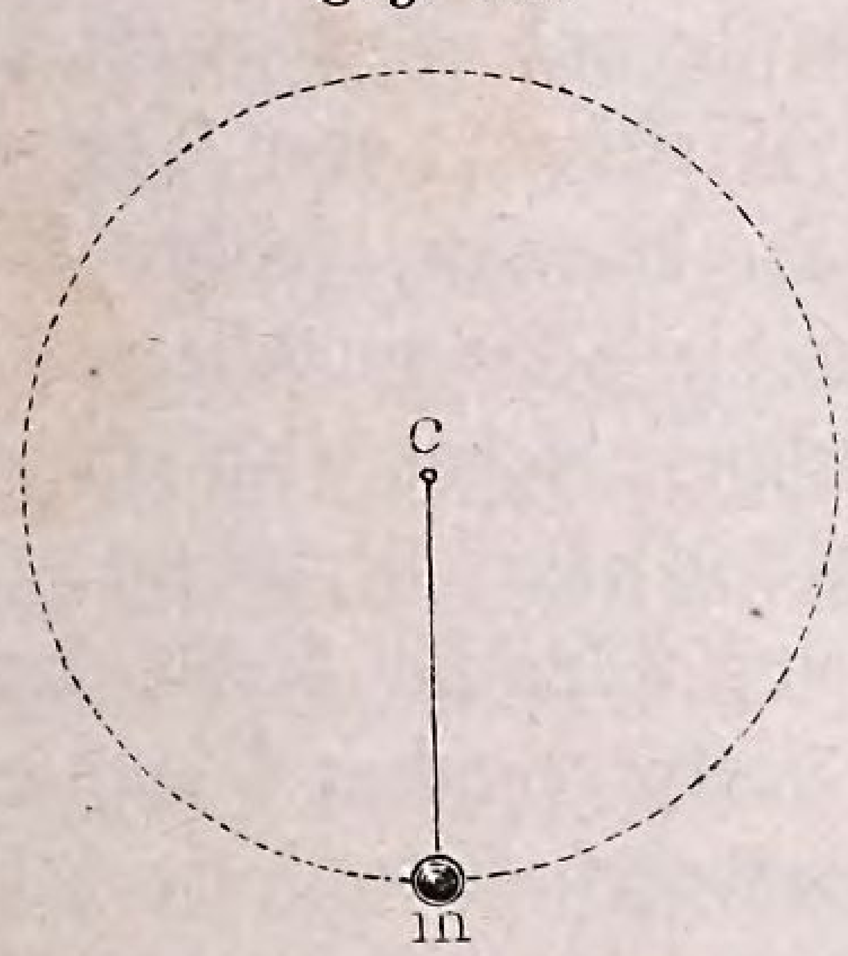
66 **Krummlinige Bahnen** entstehen durch das eigenthümliche Zusammenwirken mehrerer Kräfte auf einen Körper. So wirken z. B. auf einen Körper dem in wagerechter Richtung eine gewisse Geschwindigkeit ertheilt wurde, zu gleicher Zeit die Kraft, welche ihn wagerecht fortbewegt, und die Schwere, welche ihn senkrecht nach der Erde zieht. Der hieraus resultirende Weg ist gekrümmt und je nach dem Verhältnisse, in welchem beide Kräfte zu einander stehen, mehr oder weniger von der Wagerechten abweichend.

Es ist bekannt, daß der Schütze, der weithin treffen will, wegen der Senkung, welche die Kugel durch die Schwere erleidet, seinen Schuß etwas höher als auf das Ziel richtet.

Ertheilt man der an einem Faden hängenden Kugel *m*, Fig. 65, einen

Stoß, so würde sie sich wagerecht fortbewegen, wenn sie nicht durch den Faden festgehalten und nach dem Punkte *c* hingezogen würde. Auch hier entsteht eine resultirende Bewegung und zwar eine kreisförmige.

Fig. 65.



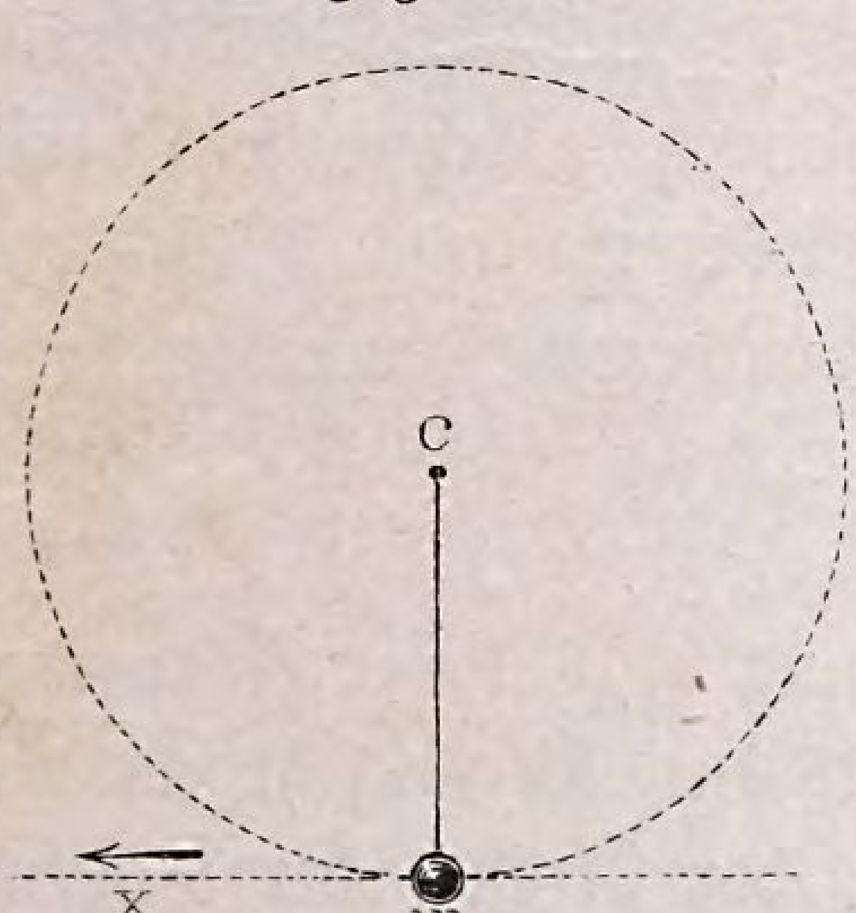
Es ist klar, daß, wenn statt des Fadens überhaupt eine Kraft wirkt, die *m* beständig nach *c* hinzieht, eine ähnliche Kreisbewegung stattfinden wird.

Nennen wir die beständig nach dem Mittelpunkte *c* wirkende Kraft die Centripetalkraft, und die zweite, auf diese rechtwinkelig gerichtete die Tangentialkraft, so ist es natürlich, daß der Weg, den ein Körper unter dem Einflusse dieser beiden Kräfte erhält, abhängig sein muß von dem gegenseitigen Verhältniß derselben. Bei der kreisförmigen Bewegung findet das folgende Verhältniß Statt: die Tangentialgeschwindigkeit, mit sich selbst multiplicirt, muß gleich sein dem Durchmesser des Kreises, multiplicirt mit der Centralgeschwindigkeit. Wäre das erste Product größer als das zweite, so würde die entstehende krumme Linie kein Kreis, sondern eine Ellipse sein; wäre das erste genau noch einmal so groß als das zweite, so entsteht eine Parabel, und wäre das erste noch größer, so erhält man eine Hyperbel, sämmtlich krumme Linien, die bei einer andern Gelegenheit näher beschrieben werden.*

Die Bahnen der Himmelskörper bieten uns die großartigsten Beispiele solcher Bewegungen dar. So wirken auf den Mond in jedem Augenblicke gleichzeitig zwei Kräfte, nämlich die Anziehung der Erde, und eine rechtwinkelig auf deren Richtung wirkende Kraft, die ihn in einer Minute ungefähr 200000 Fuß weit forttreibt. Wirkte in derselben Zeit die Anziehung der Erde allein, so würde der Mond 15 Fuß in senkrechter Richtung nach der Erde hinfallen. Aus beiden Kräften dagegen ergiebt sich als resultirende seine elliptische Bahn.

Centrifugalkraft. Wenn man die an einem Faden gehaltene Kugel *m*, Fig. 66, in lebhafte Kreisbewegung um den Mittelpunkt *c* versetzt und dann plötzlich den Faden losläßt, so entfernt sich die Kugel von dem Mittelpunkte der Umschwingung. Die Richtung, welche die Kugel nimmt, wird durch eine Linie bezeichnet, die senkrecht ist zur Richtung des Fadens, in dem Augenblicke, wo man ihn losläßt. Befindet sich z. B. die Kugel beim Loslassen gerade an dem Punkte *m*, so fliegt sie in der Richtung *mx* weiter. 67

Fig. 66.



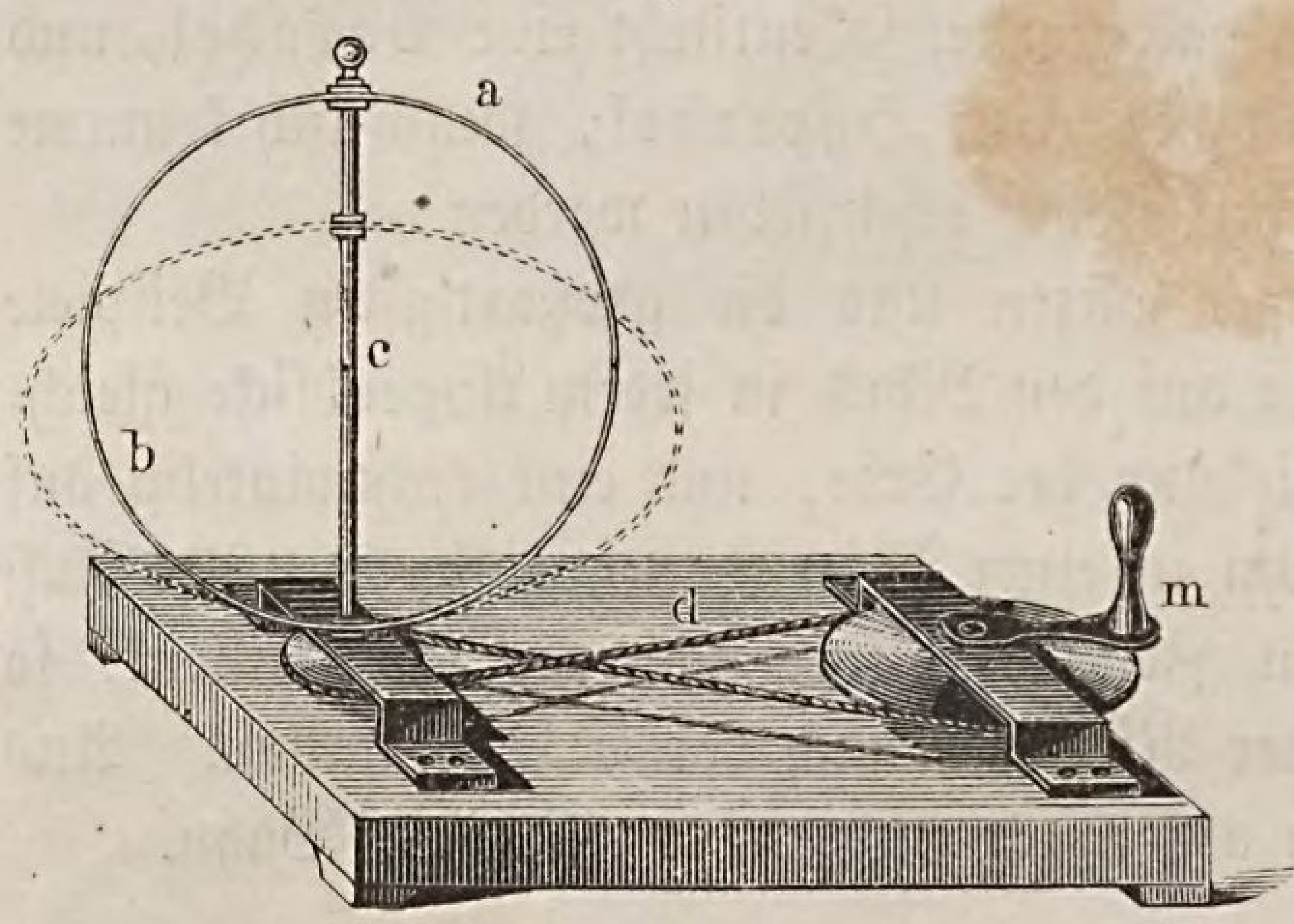
Die Geschwindigkeit der entfliehenden Kugel ist um so größer, je größer die Geschwindigkeit war, mit der sie um den festen Punkt geschwungen wurde. Kinder bedienen sich häufig dieses Verfahrens, um ihre an einem Stückchen Schnur gehaltenen Bälle hoch in die Luft zu schleudern.

Eine noch allgemeinere Ausdehnung erhält diese Erscheinung, wenn wir überhaupt Körper betrachten, welche rotiren, d. h. die sich um sich selbst drehen. In diesem Falle beschreiben alle Theilchen eines solchen Körpers, die nicht in seiner Umdrehungslinie (Achse) liegen, Kreise um dieselbe und erhalten ein Bestreben, sich von der Achse zu entfernen, welches Fliehkraft oder Centrifugalkraft (auch Schwungkraft) genannt wird. Da bei einer solchen Umdrehung alle Theilchen ihren Weg gleichzeitig um die Achse zurücklegen, so müssen die von derselben entfernteren eine größere Geschwindigkeit, folglich auch ein stärkeres Centrifugalbestreben haben als die der Achse näher liegenden.

Die Erde ist ein solcher Körper, welcher um eine Achse sich dreht, deren Endpunkte die Pole genannt werden. Aus dem Vorhergehenden folgt, daß Theile des Erdkörpers, die am Aequator liegen, eine große Fliehkraft haben müssen, während dieselbe geringer wird für solche Theile, die den Polen näher sich befinden.

Die Wirkung der Fliehkraft kann sich nur dann äußern, wenn sie größer ist als der Zusammenhang des rotirenden Körpers, also vorzüglich bei solchen, deren Masse weich ist oder die verschiebbare Theile besitzen. Mit Hülfe der Centrifugalmaschine, Fig. 67, lassen sich eine Reihe schöner Versuche zur Erläuterung des Obigen anstellen und namentlich an einem elastischen Messingreif *ab* die Ursache der Abplattung der Erde nachweisen (vergl. §. 64). Die Centrifugalkraft findet in der Mechanik und Technik vielfache Anwendung, wie z. B. beim Centrifugal-Regulator der Dampfmaschinen und zum Reinigen des Rohzuckers. Letzterer besteht aus kleinen weißen Zuckerkrystallen, die durch anhängenden Syrup braun gefärbt sind. Man bringt die feuchte Masse in trommelartige Behälter, mit siebartig durchlöcherter Wand, die man mit sehr großer Geschwindigkeit um ihre Achsen rotiren läßt. Der größte Theil des Syrups spritzt vermöge des erlangten Centrifugalbestrebens hinweg. Aehnliche Vorrichtungen dienen um das Wasser aus Zeugen in Färbereien und Wäschereien zu entfernen, und den Most aus den zerquetschten Weinbeeren sowie den Honig aus den Wachszellen zu gewinnen.

Fig. 67.



68 **Von dem Stosse.** Wenn ein in Bewegung befindlicher Körper auf einen andern trifft, so findet ein Stoß Statt. Es können hierbei sehr mannichfaltige Erscheinungen eintreten, je nach dem Stoffe, der Größe, der Richtung und der Geschwindigkeit der betheiligten Körper. Im Allgemeinen werde bemerkt, daß beim Stoße weiche, unelastische Körper eine bleibende und daß elastische Körper eine vorübergehende Abplattung erhalten; ferner daß ein Stoß nur dann

seine ganze Wirkung ausübt, wenn er central, d. h. wenn er auf den Schwerpunkt des getroffenen Körpers gerichtet ist.

Das Verhalten harter Körper beim Stoße läßt sich sehr schön durch Kugeln von Elfenbein nachweisen, die an Schnüren aufgehängt sind und folgendes Resultat geben:

Stößt ein sich bewegender Körper auf einen ruhenden von gleicher Masse, so hört die Bewegung des erstern vollkommen auf, während der letztere sich mit derselben Geschwindigkeit fortbewegt, welche der anstoßende Körper besaß. War die Masse des ruhenden Körpers größer als die des anstoßenden, so ist die ihm ertheilte Geschwindigkeit im Verhältnisse der Massen geringer als die des bewegten Körpers, und umgekehrt. Man kann daher mit einer großen Masse von geringer Geschwindigkeit einer kleinen Masse eine große Geschwindigkeit ertheilen, und im entgegengesetzten Falle kann eine sehr kleine Kugel, die mit außerordentlicher Geschwindigkeit an eine große stößt, dieselbe in Bewegung versetzen. Einschlagende Hagelkörner und Schrote sind solche kleine Massen, die ihre verderblichen Wirkungen nur durch ihre Geschwindigkeit erhalten haben.

Wenn ein Körper senkrecht auf eine Fläche ss', Fig. 68, trifft, so prallt er in Folge der beiderseitigen Elasticität in derselben Richtung wieder zurück; geschieht dagegen der Stoß unter einem spitzen Winkel dn, so wird der anstoßende Körper unter gleichem Winkel in der Richtung nf zurückgeworfen. Es läßt sich dieses mit Hülfe des kleinen Apparates, Fig. 69, leicht nachweisen. Eine

Fig. 68.

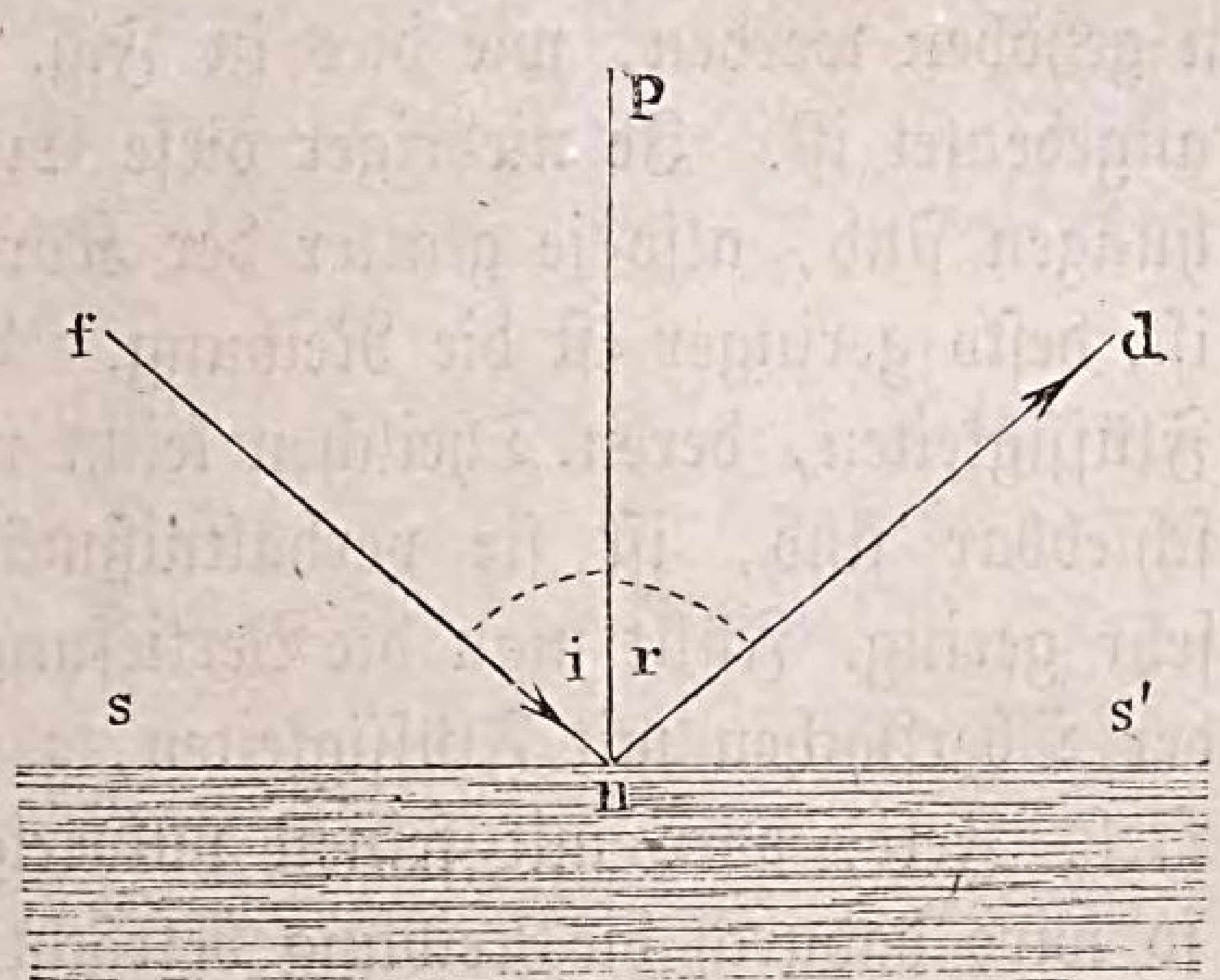
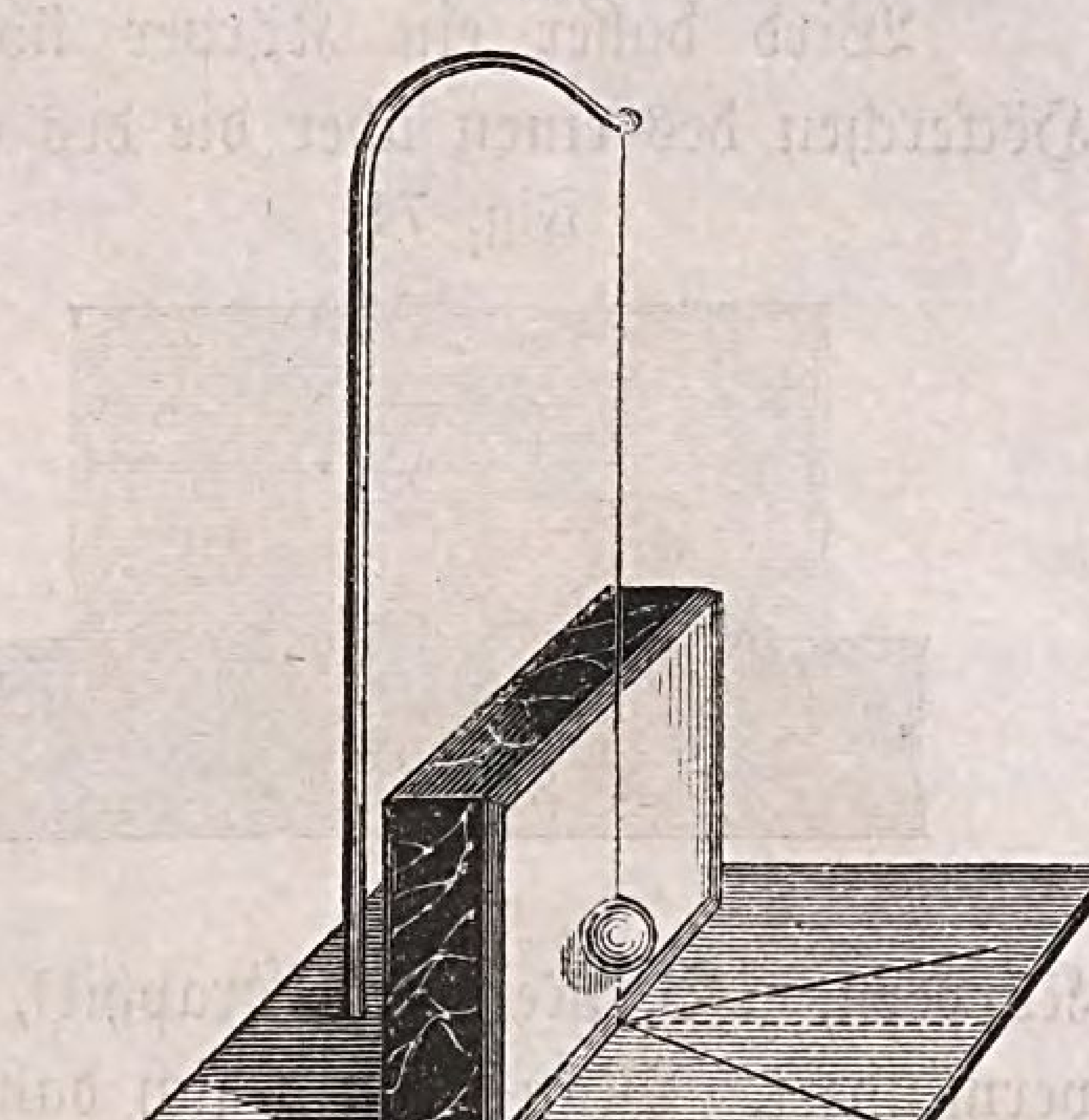


Fig. 69.



praktische Anwendung hiervon findet häufig bei dem Billard und bei den sogenannten Ricochetschüssen der Artillerie Statt.

Die Bewegung theilt sich nicht allen Theilchen eines Körpers gleichzeitig 69
mit, sondern zunächst nur denjenigen, welche der Einwirkung der Kraft, z. B. einem Stoße, unmittelbar ausgesetzt sind. Von diesen Theilchen verbreitet sie sich nach den übrigen. Ein schwacher Stoß kann eine Fensterscheibe nach allen Richtungen zertrümmern, während eine abgeschossene Büchsenkugel nur ein kleines, rundes Loch in die Scheibe macht, weil in letzterm Falle die unmittelbar ge-

troffenen Glastheilchen so schnell von den übrigen losgerissen werden, daß die ihnen mitgetheilte Bewegung nicht Zeit hat, sich weiter zu verbreiten.

Fig. 70.

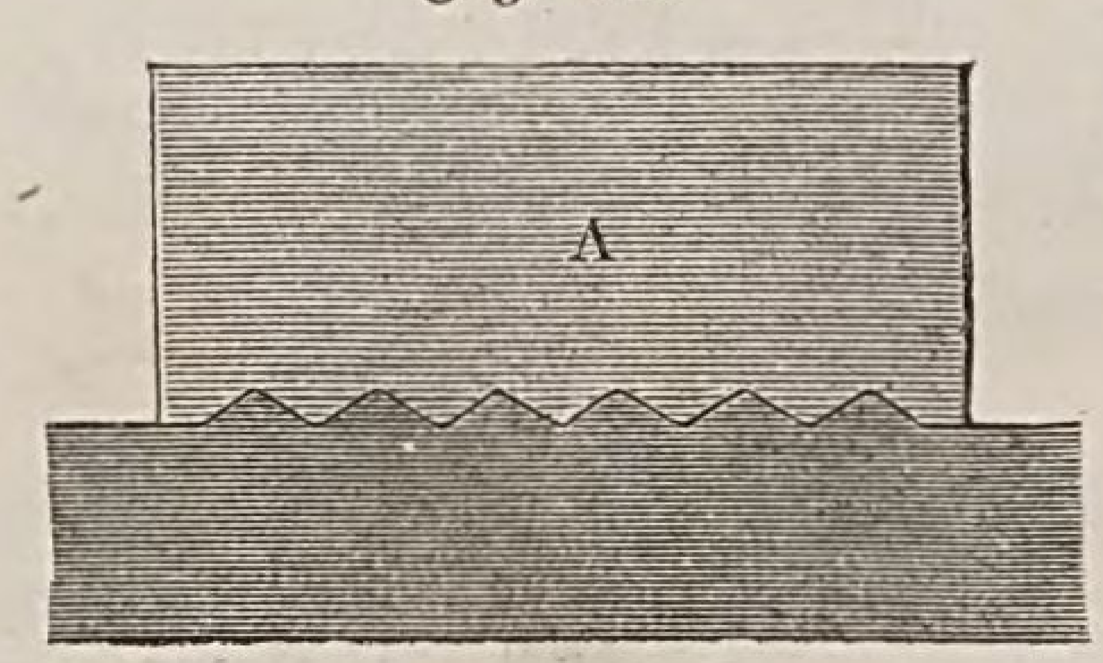


Theilweise hierauf, theilweise auf der Trägheit beruht das Eintreiben eines Hammers in seinen Stiel, wenn man letztern auf den Boden aufstößt, sowie einige bekannte Kunststücke, wie z. B., daß eine kleine Münze, senkrecht über der Mündung einer Flasche auf ein Kartenblatt gelegt (Fig. 70), in dieselbe fällt, wenn das Kartenblatt rasch hinweggeschlagen wird; oder, daß man einen fingerdicken Stab von Holz, der wagerecht an beiden Enden an einem Haar aufgehängt ist, in der Mitte zerschlagen kann, ohne daß die Haare zerreißen, u. a. m.

70 **Die Reibung.** Ein wesentliches Hinderniß der Bewegung ist die Reibung. Sie entsteht daher, daß es keinen Körper giebt, dessen Oberfläche vollkommen eben ist. Betrachtet man die glattesten Körper, z. B. polirten Stahl, unter einem Vergrößerungsglase, so sieht man, daß seine Oberfläche aus lauter Erhöhungen und Vertiefungen besteht.

Wird daher ein Körper über den andern hergeschoben, so müssen die Höckerchen des einen über die des andern gehoben werden, wie dies in Fig. 71 angedeutet ist. Je niedriger diese Erhöhungen sind, also je glatter der Körper ist, desto geringer ist die Reibung. Bei Flüssigkeiten, deren Theilchen leicht verschiebbar sind, ist sie verhältnißmäßig sehr gering. Füllt man die Vertiefungen der Oberflächen mit Flüssigkeiten, z. B. Oel, Fett, oder mit feinen pulverigen Körpern, z. B. Reißblei (Graphit), aus, so wird dadurch die Reibung beträchtlich vermindert. Man bedient sich daher derselben zum Einschmieren der Wagenachsen und anderer Maschinentheile.

Fig. 71.



Die Größe der Reibung ist ferner abhängig von dem Gewicht des zu bewegenden Körpers. Je größer dieses, desto stärker die Reibung. Die Ausdehnung der sich reibenden Oberflächen ist dabei ohne Einfluß, denn um z. B. 100 Pfd. Eisen auf einer Eisenbahn fortzuschieben, ist eine Kraft von 27,7 Pfd. erforderlich, gleichgültig, ob jene Eisenmasse in Form einer Platte oder einer um ihre Achse drehbaren Walze mit den Schienen in Berührung ist.

Der Reibungswiderstand ist daher in der praktischen Mechanik ein wichtiges Element, das stets beachtet werden muß, und es sind die Reibungscoefficienten, d. h. die Zahlen, welche angeben, der wievielte Theil dieser Widerstand

von dem Drucke ist, den ein Körper auf seine Unterlage ausübt, mit Sorgfalt bestimmt worden. Wie bereits in §. 52 erörtert wurde, ist bei dem Fortschieben einer Last auf horizontaler Bahn nur die dem Reibungswiderstande entsprechende Kraft erforderlich. Es wiege z. B. eine Last 500 Pfd., ihr durch Erfahrung gefundener Reibungscoefficient sei gleich $^{2}/_{5}$, so sind zur Fortbewegung derselben nur 200 Pfd. nöthig. Der in Fig. 55 abgebildete Apparat dient auch zu vergleichenden Versuchen über die gleitende Reibung. Es zeigt sich, daß Körper von verschieden beschaffener Oberfläche bei entsprechender Neigung ihrer Unterlage zu gleiten beginnen.

Uebrigens ist die Reibung in vielen Fällen von wesentlichem Nutzen. Wenn wir z. B. auf dem Eise oder auf anderen glatten Flächen ausgleiten, so rührt dies von der allzu geringen Reibung her; ein Pferd kann unter Umständen mehr ziehen, wenn sich der Fuhrmann auf den Wagen setzt und hierdurch die Reibung vermehrt. Bei Anwendung der Schraube, des Keils und der Treibriemen, ferner bei allen Hemmvorrichtungen bis zu dem Bremsen der Bahnzüge ist es die Reibung, die uns Vortheil gewährt.

Aus der Mechanik.

Die Mechanik ist die Wissenschaft von den Kräften und von der Bewegung. Aufgabe des praktischen Mechanikers ist es, irgend eine verlangte Bewegung mit dem geringsten Aufwand auszuführen. Er löst diese Aufgabe durch die Anwendung geeigneter Vorrichtungen, welche Maschinen genannt werden. Es kann nicht der Zweck dieses Buches sein, das weite Gebiet des Maschinenwesens erschöpfend zu behandeln. Aber angemessen erscheint es doch, der Maschine, die eine Weltmacht geworden ist, die mögliche Aufmerksamkeit zu widmen. 71

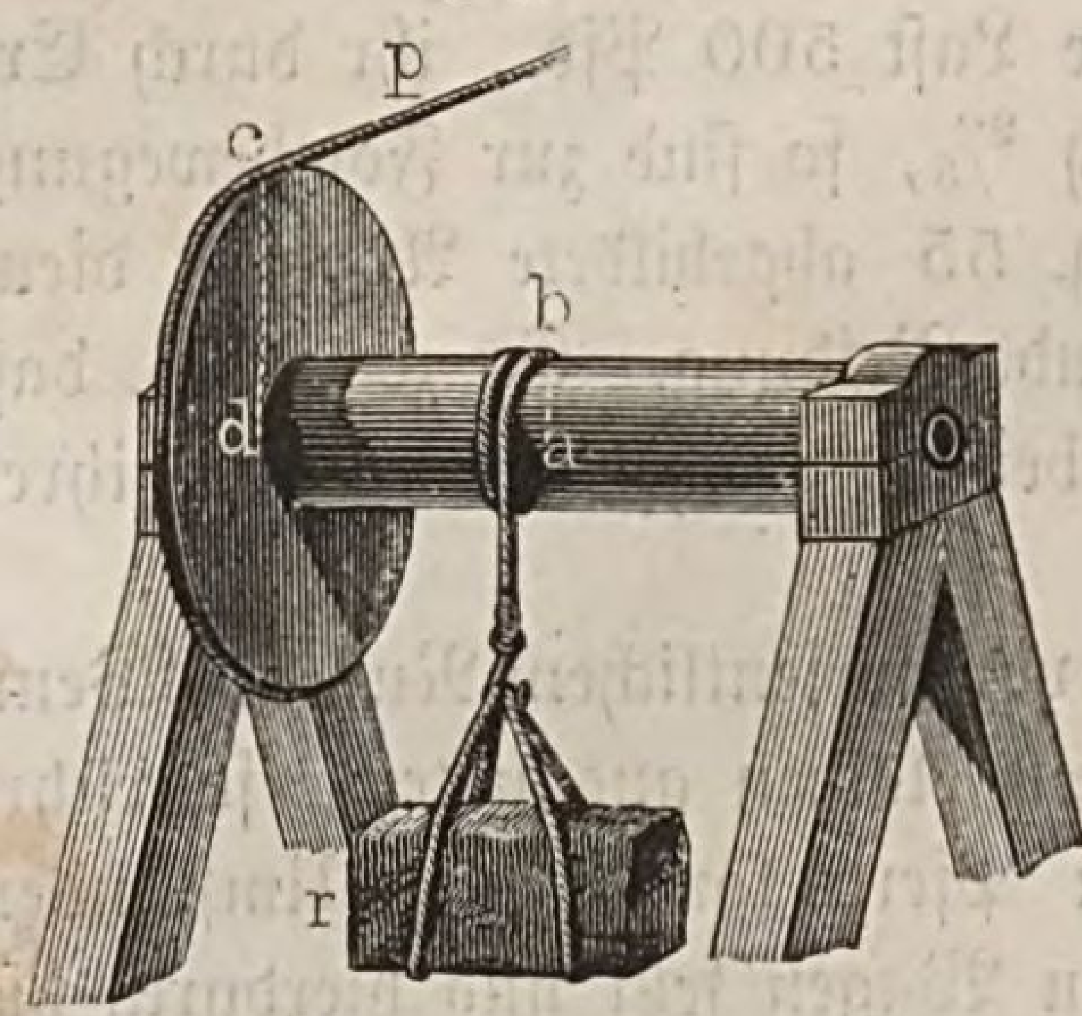
Man unterscheidet einfache und zusammengesetzte Maschinen. Die ersteren haben wir im Vorhergehenden größtentheils näher kennen gelernt, es sind solche z. B. der Hebel, die schiefe Ebene, die Rolle und deren verschiedene Formen, und alle unsere gewöhnlichen Werkzeuge und Geräthe sind einfache Maschinen. Ja, es lehrt die Anatomie, daß die meisten Bewegungen unserer Glieder nach den Gesetzen des Hebels stattfinden.

Aus der Zusammenwirkung mehrerer einfacher Maschinen entstehen die zusammengesetzten, und wie verwickelt und schwierig zu verstehen dieselben auf den ersten Blick auch erscheinen mögen, so lassen sich doch alle auf jene einfachen Maschinen zurückführen.

Das Rad an der Welle, Fig. 72 (a. f. S.), besteht aus einer Walze, 72 in der Mechanik Welle genannt, mit welcher ein Rad in der Weise fest verbunden ist, daß es senkrecht auf der Wellenachse steht und sein Mittelpunkt in derselben liegt; sobald das Rad in Umdrehung versetzt wird, muß auch die Welle sich drehen und umgekehrt. Am Umfange des Rades wirkt an einem Seil die Kraft, um der Last r am Umfange der Welle das Gleichgewicht zu halten. Kraft und Last wirken hier nach den §. 48 entwickelten Hebelgesetzen; als Hebel-

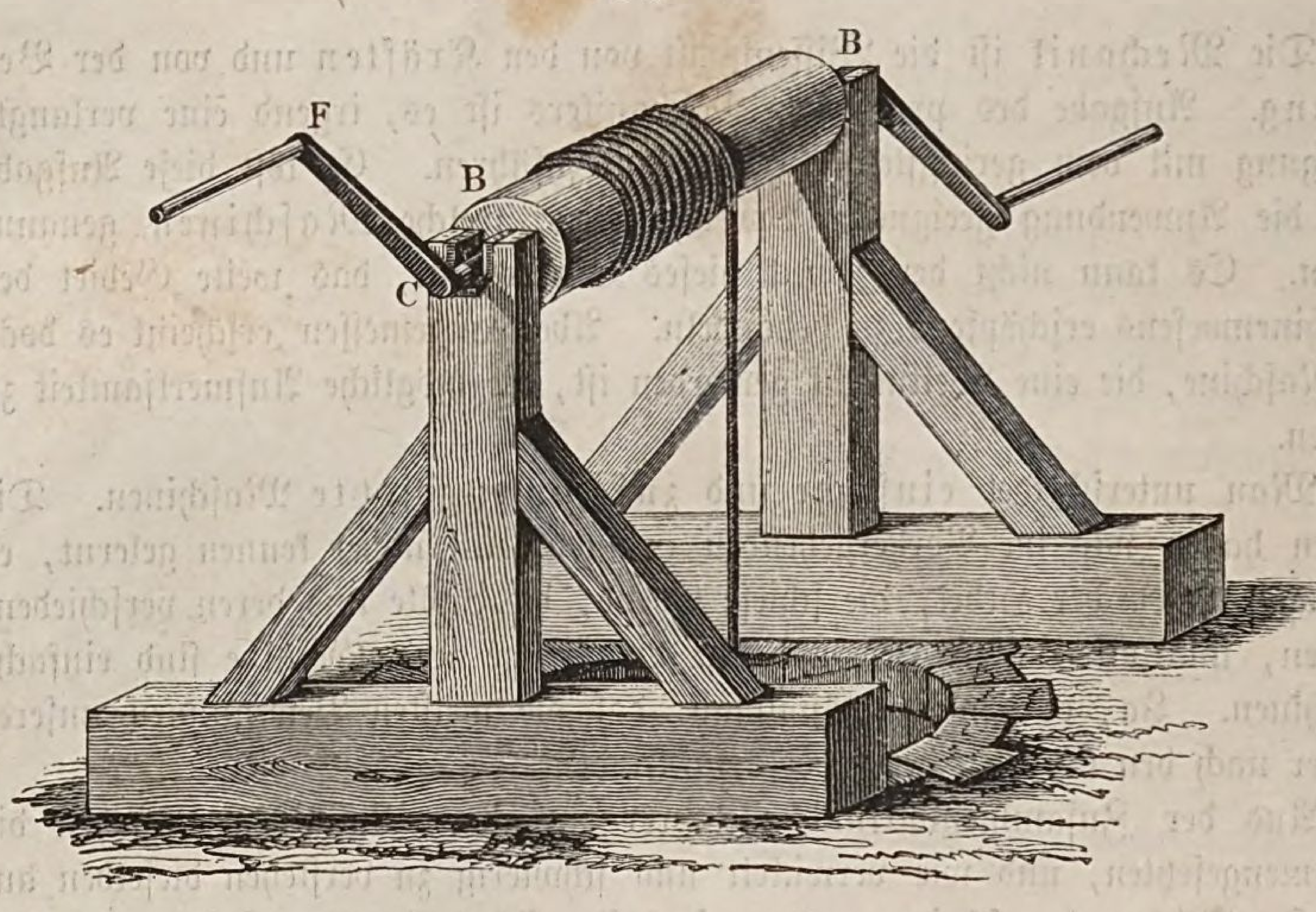
arm der Kraft haben wir den Halbmesser *cd* des Rades, Hebelarm der Last ist der Radius *ab* der Welle. Die Kraft verhält sich daher zur Last umgekehrt wie der Halbmesser des Rades zum Halbmesser der Welle. Wenn z. B. *ab* nur ein Fünftel von *cd* ist, so kann man am Seile *cd* mit 100 Pfd. eine Last *r* von 500 Pfd. im Gleichgewichte halten.

Fig. 72.



Anstatt des Rades sind häufig am Ende der Welle Arme kreuzweis durch dieselbe gesteckt, an welchen die Kraft wirkt, und die Vorrichtung heißt alsdann Kreuzhaspel. An diesem ist der Hebelarm der Kraft derjenige Theil des Armes vom Punkte, an welchem die Kraft angreift, bis zur Achse der Welle. Wirkt die Kraft an einer Kurbel, so wird die Vorrichtung ein Hornhaspel, Fig. 73, genannt; beim Spillrad befinden sich am Umfange des Rades Sprossen oder Griffe, an welchen die Kraft angreift.

Fig. 73.



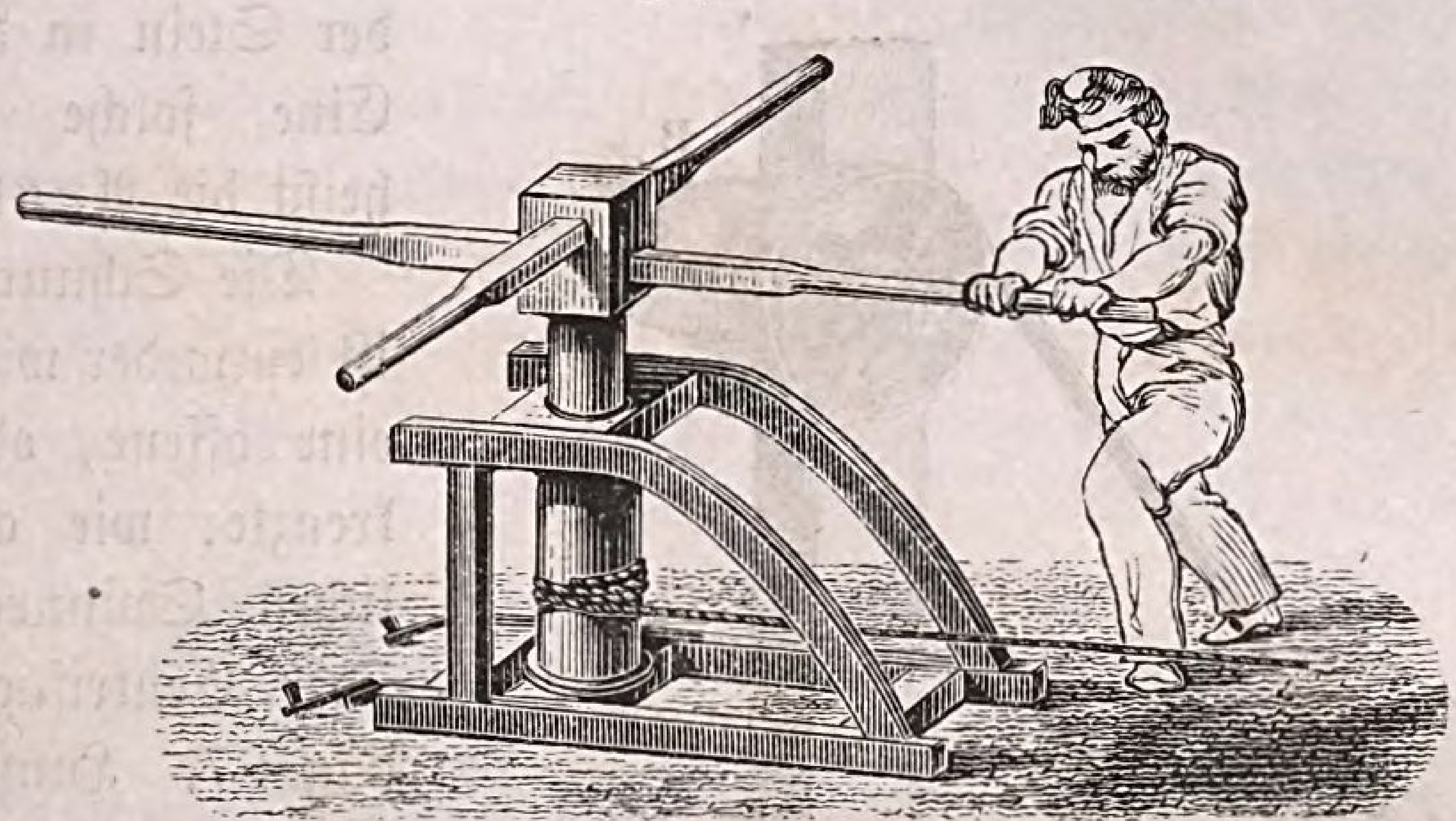
Die Winde unterscheidet sich von den bisher angeführten Vorrichtungen dadurch, daß ihre Welle senkrecht steht, wie uns Fig. 74 die Erdwinde zeigt, welche hauptsächlich zum Fortbewegen von Lasten auf dem Erdboden dient.

Aus sämmtlichen hier angeführten Beispielen geht hervor, daß die Kraft auf die mannichfachste Weise beim Rade an der Welle angebracht werden kann, und wir begegnen demselben nicht minder in Gestalt der mannigfachen Zahnräder einer Uhr, als auch unserer Rouleauxstangen und am gewöhnlichen Mühlrade.

73 Fortleitung der Bewegung, Transmission. Dem Wesen der Maschine entsprechend unterscheidet man an derselben drei Hauptheile, nämlich den

ersten, an welchem die bewegende Kraft angreift, den zweiten, an welchem der von ihr zu überwindende Widerstand wirkt, und endlich den zwischen beiden

Fig. 74.



liegenden, die Fortleitung der Kraft vermittelnden Theil. Bei den einfachen Maschinen, z. B. beim Brecheisen, bestehen diese verschiedenen Theile meist aus einem einzigen Stück und liegen nicht weit auseinander.

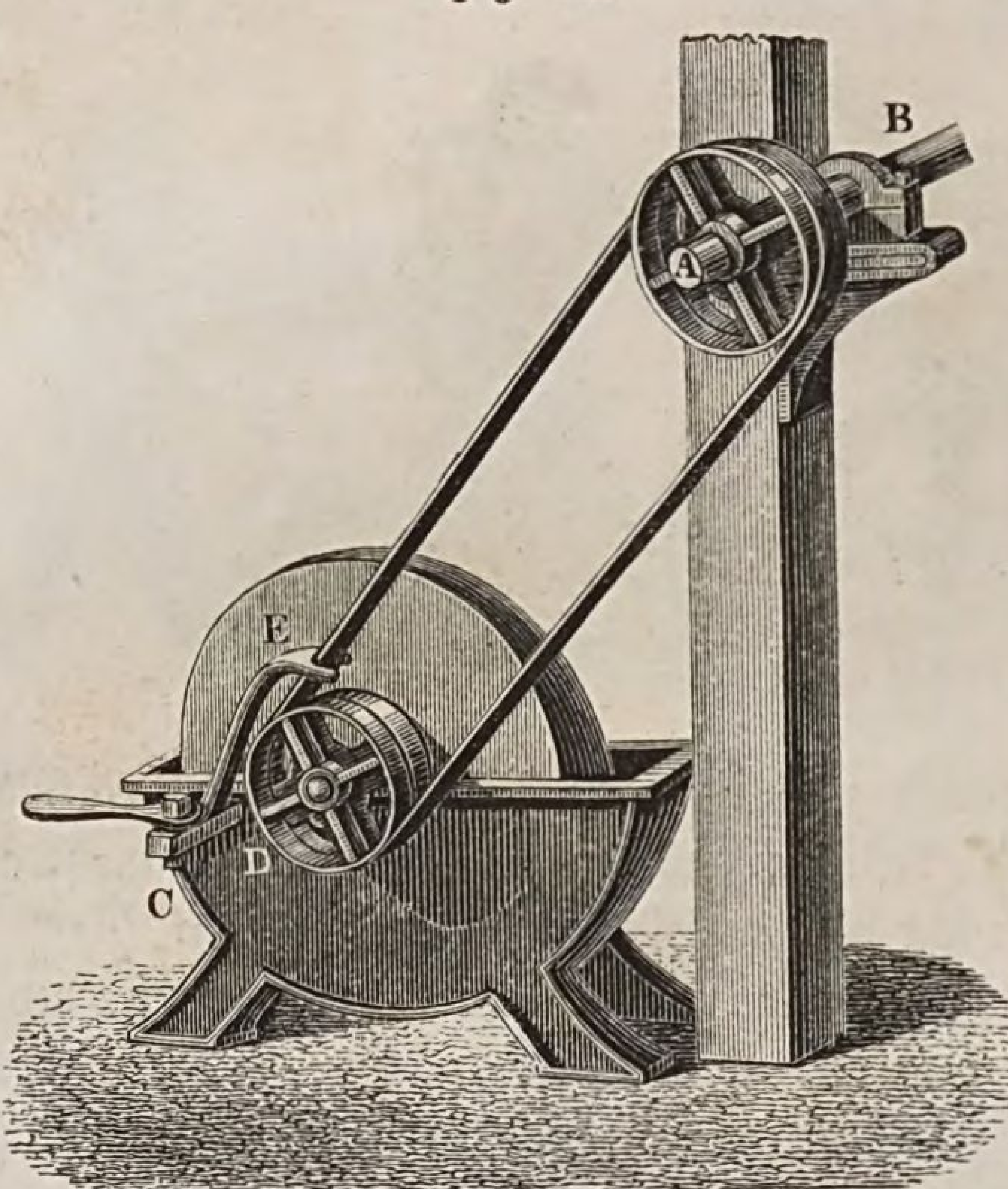
Dagegen ist bei den zusammengesetzten Maschinen nicht selten ein bedeutendes Zwischenwerk nöthig, um die Kraft zur Arbeitsmaschine zu leiten, z. B. vom Wasserrad einer Mühle bis zum laufenden Stein derselben. Zur Leitung der Bewegung dienen vorzüglich die Treibwellen (Transmissionswellen), die Schnur ohne Ende, die Zahnräder und Zahnwerke überhaupt.

Treten wir in eine mechanische Spinnerei oder Maschinenwerkstatt, so sehen wir rechts und links vom Gange durch den langen Saal ganze Reihen von Maschinen in voller Thätigkeit, während wir nirgends eine solche sehen, an welcher die bewegende Kraft unmittelbar angreift. Blicken wir jedoch nach der Decke des Arbeitraumes, so finden wir eine durch dessen ganze Länge sich erstreckende Welle in Umdrehung begriffen, welche durch eine Oeffnung der Wand eintritt und öfter auch noch durch die gegenüberstehende Wand in einen folgenden Raum geht, um auch dorthin die Bewegung zu leiten. Mit dieser Treibwelle, auch die Transmissionswelle genannt, sind nun die einzelnen Werkstühle auf geeignete Weise in Verbindung gesetzt. Sie selbst erhält ihre Umdrehung von Außen, entweder durch ein Wasserrad oder durch eine Dampfmaschine.

Die Schnur ohne Ende wird angewendet, wenn die Bewegung von 74
einer in Umdrehung befindlichen Welle auf eine andere mit der ersten parallele Welle übertragen werden soll, von der sie sich jedoch in einiger Entfernung befindet, z. B. von der oben beschriebenen Treibwelle auf die Werkstühle. Zu diesem Ende sind an gewissen Stellen der Welle Rollen (auch Trommeln genannt) befestigt, die mit der Welle sich umdrehen und an ihrem Umfange eine Schnur oder einen Riemen aufnehmen, die in sich selbst zurücklaufen und daher ohne Ende sind. Eine solche Schnur geht nun über eine entsprechende Rolle an irgend einem Werk und setzt dasselbe in Bewegung. Fig. 75 (a. f. S.) zeigt uns eine Welle AB, die einen Schleifstein in Bewegung setzt. Soll die Arbeit unterbrochen werden, so wird vermittels des Hebels CDE der Treibriemen auf eine

dicht daneben befindliche sogenannte lose Rolle geschoben, die mit der Achse des Schleifsteins nicht fest verbunden, sondern um dieselbe drehbar ist, so daß jetzt nur diese Rolle sich dreht und der Stein in Ruhe bleibt. Eine solche Vorrichtung heißt die Auslösung.

Fig. 75.



Die Schnur ohne Ende ist entweder wie bei Fig. 75 eine offene, oder eine gekreuzte, wie am gewöhnlichen Spinnrade oder an der Centrifugalmaschine Fig. 67. Hinsichtlich ihrer Wirkung ist zu bemerken, daß die eine Hälfte der Schnur, welche die treibende Seite genannt wird, stärker angespannt ist, als die andere, da natürlich keine Umdrehung stattfinden könnte, wenn die Spannung überall gleich wäre.

Wenn zwei Räder *A* und *B*, über welche die Schnur ohne Ende läuft, gleiche Durchmesser haben und es wird *A* in Umdrehung versetzt, so erhält *B* dieselbe Umdrehungsgeschwindigkeit wie *A*. Ist dagegen das in Bewegung gesetzte Rad *A* größer als das zweite *B*, so erhält letzteres eine größere Geschwindigkeit als *A*, und zwar im Verhältnisse der Durchmesser der Räder, so daß auf diese Weise sehr große Umdrehungsgeschwindigkeiten hervorgebracht werden können, wie z. B. der Spule am Spinnrade, der Centrifugalmaschine u. a. m.

Denken wir uns ferner zwei durch die Schnur ohne Ende verbundene Räder *A* und *B*, und an der Welle des kleinern Rades *A*, dessen Durchmesser $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/n$ von dem des zweiten Rades *B* sein kann, wirke eine gegebene Kraft vermittels einer Kurbel, so bringt diese Kraft dieselbe Wirkung hervor, als ob sie an einer Kurbel von der 2=, 3=, 4= oder *n*fachen Länge unmittelbar an der Welle des größeren Rades *B* angreifen würde.

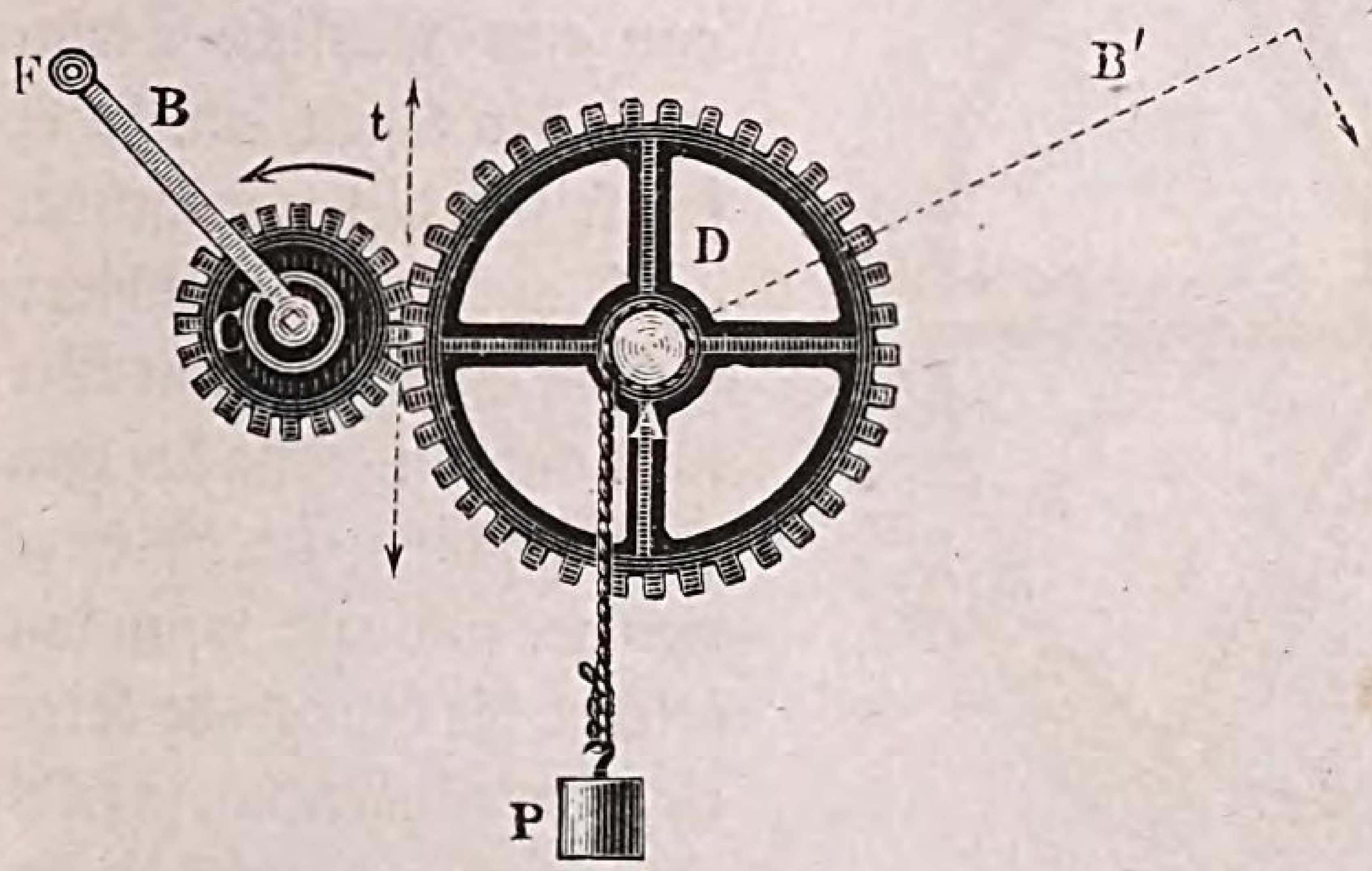
75 Die Zahnräder bilden die in der Mechanik so vielfach verwendeten Räderwerke, indem sie die Bewegung von einer Welle auf eine in der Nähe befindliche zweite übertragen, welche letztere der Richtung der ersten entweder parallel ist oder einen Winkel mit ihr bildet. Am Umfange befinden sich abwechselnd Zähne und Lücken, die genau einander entsprechen und beim Umdrehen so ineinandergreifen, daß nicht ein Rad sich bewegen kann, ohne das andere in entgegengesetzter Richtung umzudrehen.

Im Uebrigen gilt für die Zahnräder das bei der Schnur ohne Ende Gesagte, insofern als Räder von gleichem Durchmesser die Bewegung unverändert

von Welle zu Welle übertragen; ist jedoch das erste Rad größer, so erhält das zweite eine so viel mal größere Umdrehungsgeschwindigkeit, als die Zahl seiner Zähne von der des ersten übertroffen wird. Das zweite Rad kann aber ein drittes und dieses ein viertes u. s. w. von stets abnehmender Größe in Bewegung setzen und es können hierdurch Umdrehungen von beliebiger und nach Umständen von außerordentlich großer Geschwindigkeit erhalten werden.

Ebenso ist zu bemerken, daß wenn an der Welle eines kleinen Rades C eine gegebene Kraft F an der Kurbel B wirkt, Fig. 76, und der Durchmesser des kleinern Rades C wie hier ein Drittel, oder $1/4$, $1/5$, $1/n$ von dem des größern Rades D beträgt, so übt die Kraft F dieselbe Wirkung aus, als ob sie unmittelbar an der Welle A des größern Rades D an einem 3-, 4-, 5- oder $n$mal längern Hebelarm (hier B') angreifen würde. Da solche lange Kurbeln jedoch sehr ungeschickt oder gar nicht zu handhaben sind, so bedient man sich mit Vortheil der Verbindung mehrerer Zahnräder, deren kleineres unmittelbar in Bewegung gesetztes (C, Fig. 76) *Getrieb* oder *Trieb* genannt wird.

Fig. 76.



Es ist leicht einzusehen, daß alle Erscheinungen im umgekehrten Sinne stattfinden, wenn die Bewegung von einem größern auf ein kleineres Zahnrad übergeht, sowie daß durch die Reibung die Wirkung der Räderwerke eine bedeutende Beeinträchtigung erleidet.

Die *Winkelräder*, *Kegel-* oder *Kreiselräder* übertragen die Bewegung 76
von einer wagerechten Welle, Fig. 77, auf eine senkrechte oder umgekehrt, und hinsichtlich ihrer Wirkung gilt ganz das oben bezüglich der Zahnräder überhaupt Ausgeführte. *Drilling* oder *Drehling* heißt die demselben Zwecke entsprechende Vorrichtung an der senkrechten Welle, Fig. 78, in welche das sogenannte *Kron-* oder *Kammrad* eingreift.

Fig. 77.

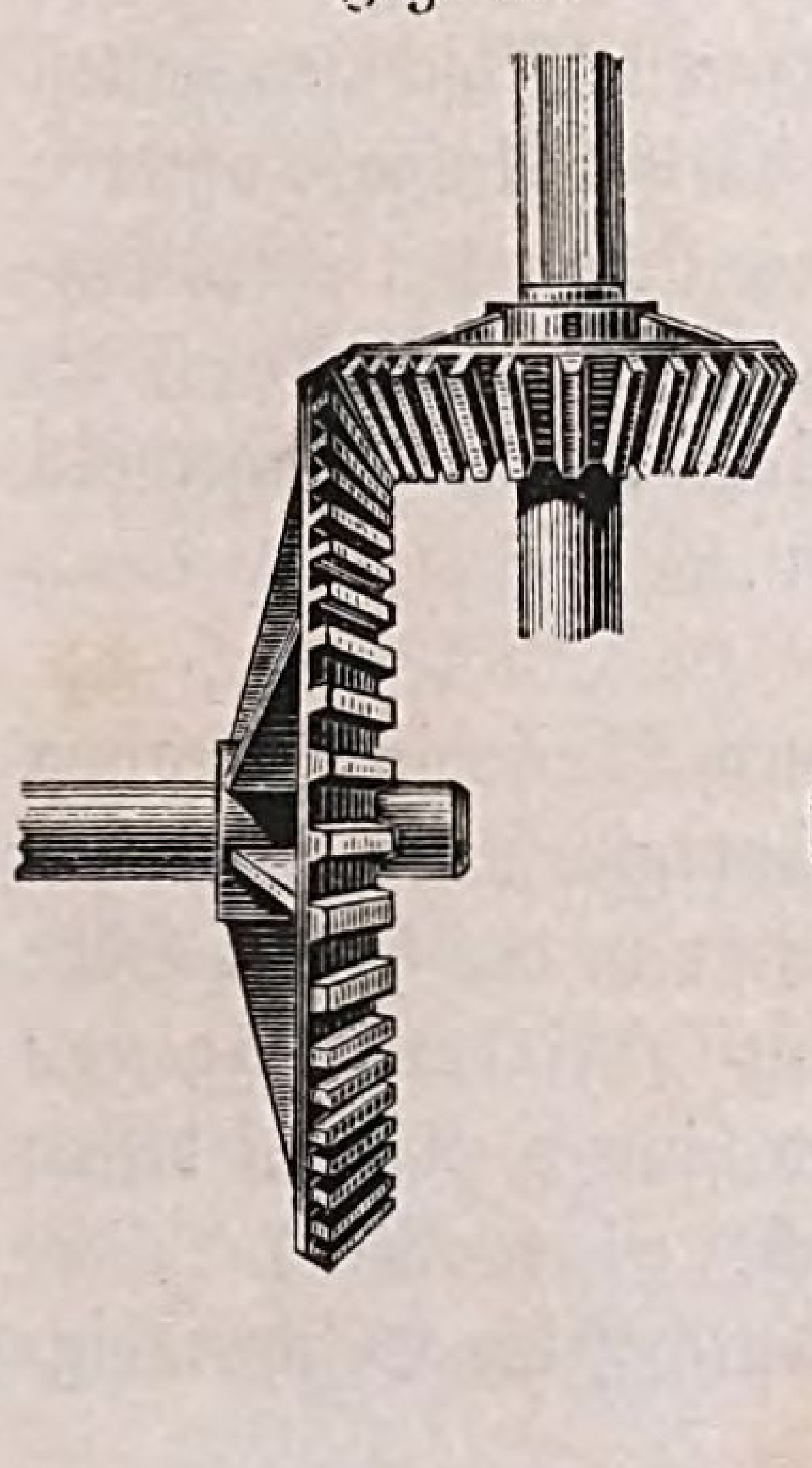
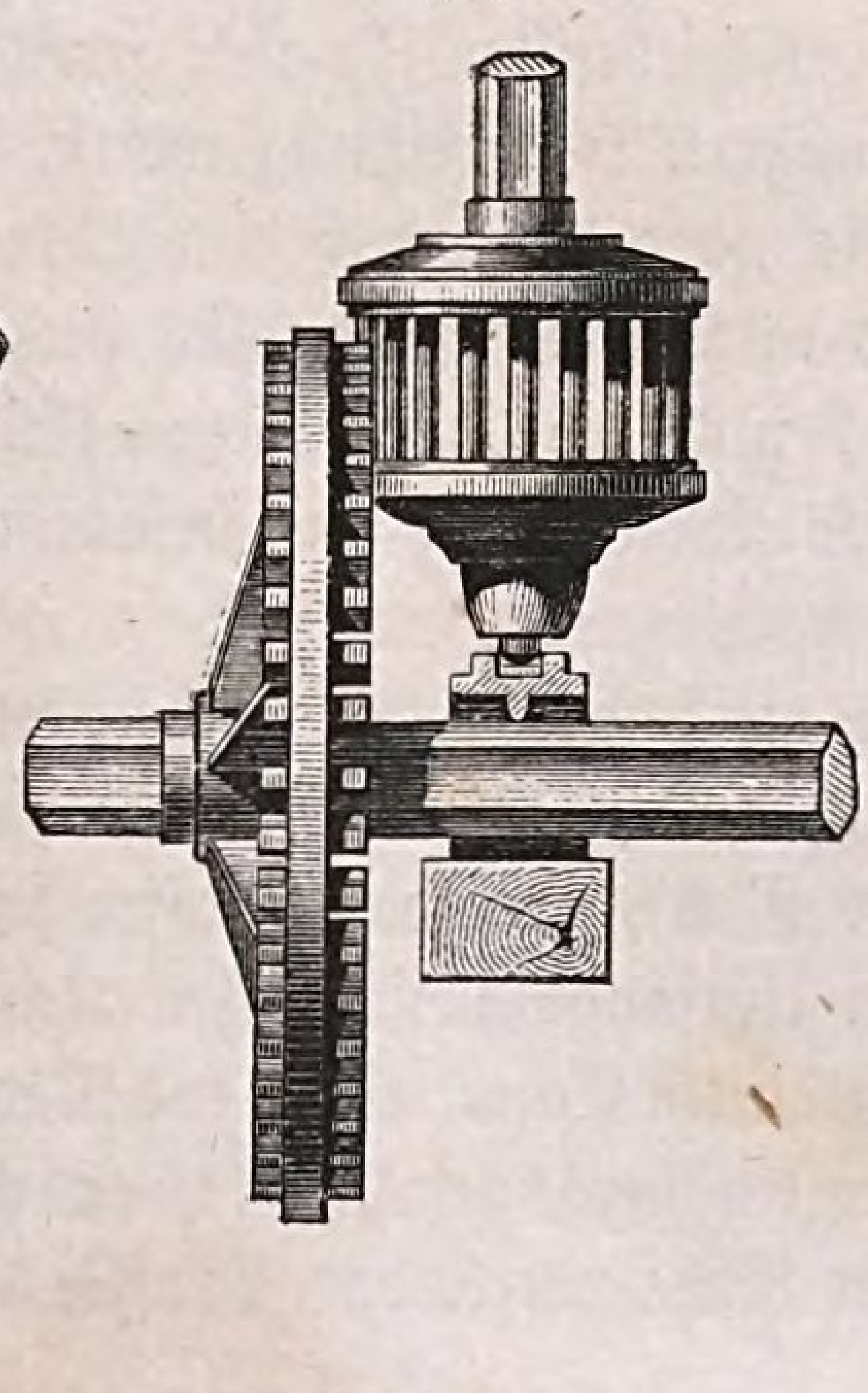


Fig. 78.

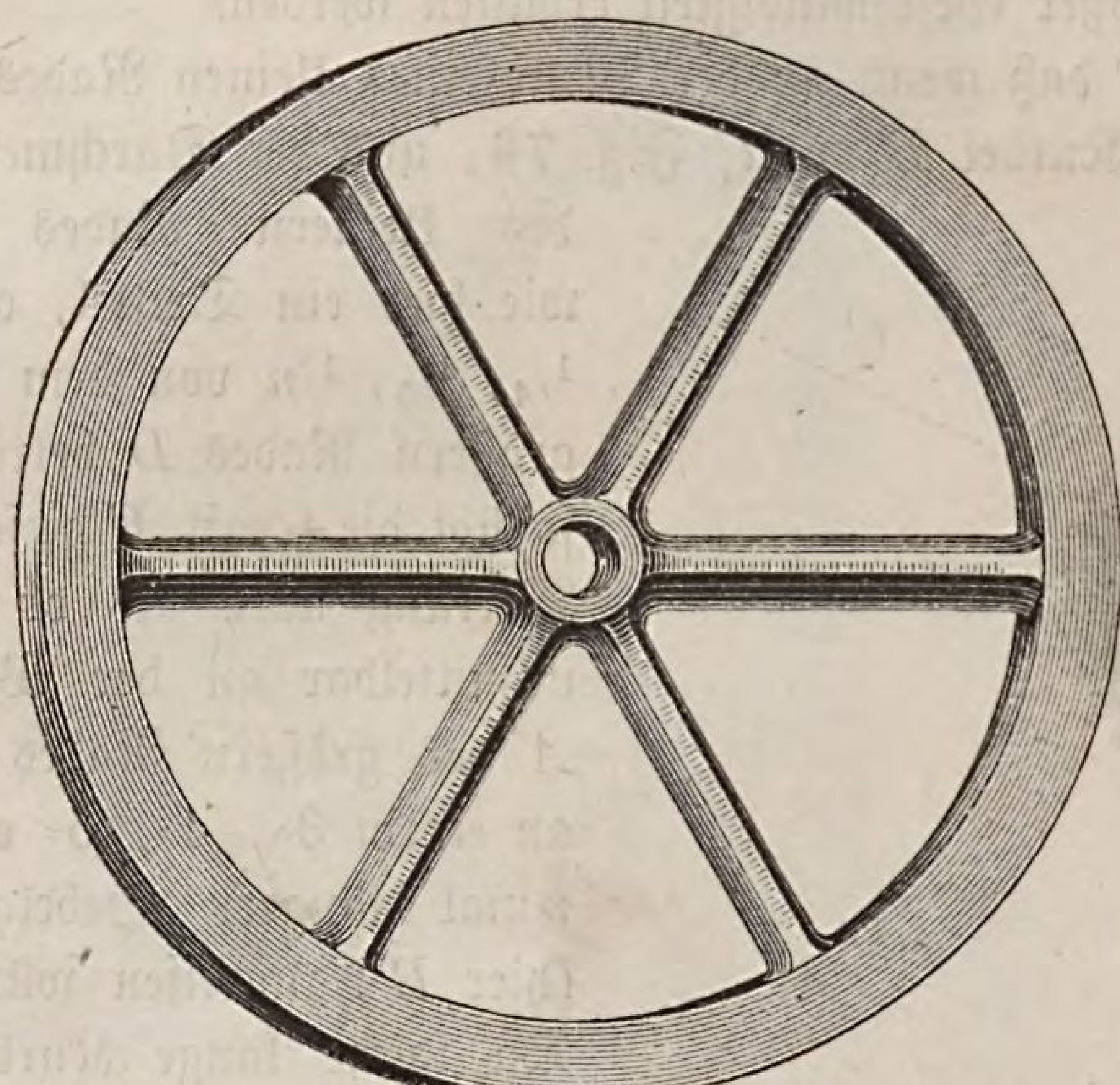


Die Störungen, welche 77
eine Maschine sehr leicht in ihrem regelmäßigen Gange erleiden kann, indem

die bewegende Kraft nicht stets in gleichmäßiger Weise wirkt, würden die Ausführung der meisten Arbeiten durch Maschinen unmöglich machen, wenn nicht Mittel vorhanden wären, dieselben auszugleichen.

Zu diesem Zwecke bringt man bei größeren Werken an der Bewegungswelle ein großes, schweres Rad von Gußeisen, Fig. 79, an, welches mit derselben sich umdreht und das **Schwungrad** genannt wird. Tritt nun eine plötzliche Steigerung der Kraft ein, so erstreckt sich dieser Kraftüberschuß auch auf das schwere Schwungrad, und seine Wirkung auf den Gang der ganzen Maschine wird hierdurch weniger fühlbar; wenn umgekehrt die bewegende Kraft eine Verminderung, ja selbst eine vorübergehende Unterbrechung erleidet, so wird dadurch der Gang der Maschine nicht verlangsamt oder gar zum Stillstand gebracht, weil nach dem Gesetze der Trägheit das Schwungrad wenigstens für eine kurze Zeit seine Geschwindigkeit beibehält und vermöge dieser auch die übrigen Maschinentheile so lange darin erhält, bis die bewegende Kraft wieder in gehöriger Weise eingreift. Anwendung findet das Schwungrad bei Walz- und Prägwerken, bei der stehenden Dampfmaschine, Drehbank, bei der Taschenuhr, und der Scheerenschleifer macht sich von der Aufmerksamkeit seines Gehülfen um so unabhängiger, je größer das Rad ist, an welchem er denselben drehen läßt.

Fig. 79.



78 Von den zahllosen, den verschiedensten Zwecken gewidmeten Maschinen halten wir zwei vorzugsweise einer nähern Beschreibung werth, da ihre Aufgabe unseren nothwendigsten Bedürfnissen so nahe liegt, daß eine Bekanntschaft mit ihrer Einrichtung ebenso anziehend als nützlich erscheint. Es sind dieses die **Mühle**, die uns das tägliche Brot liefert, und die **Uhr**, deren kleiner eiserner Finger den gesammten Verkehr der großen Welt regelt und bestimmt.

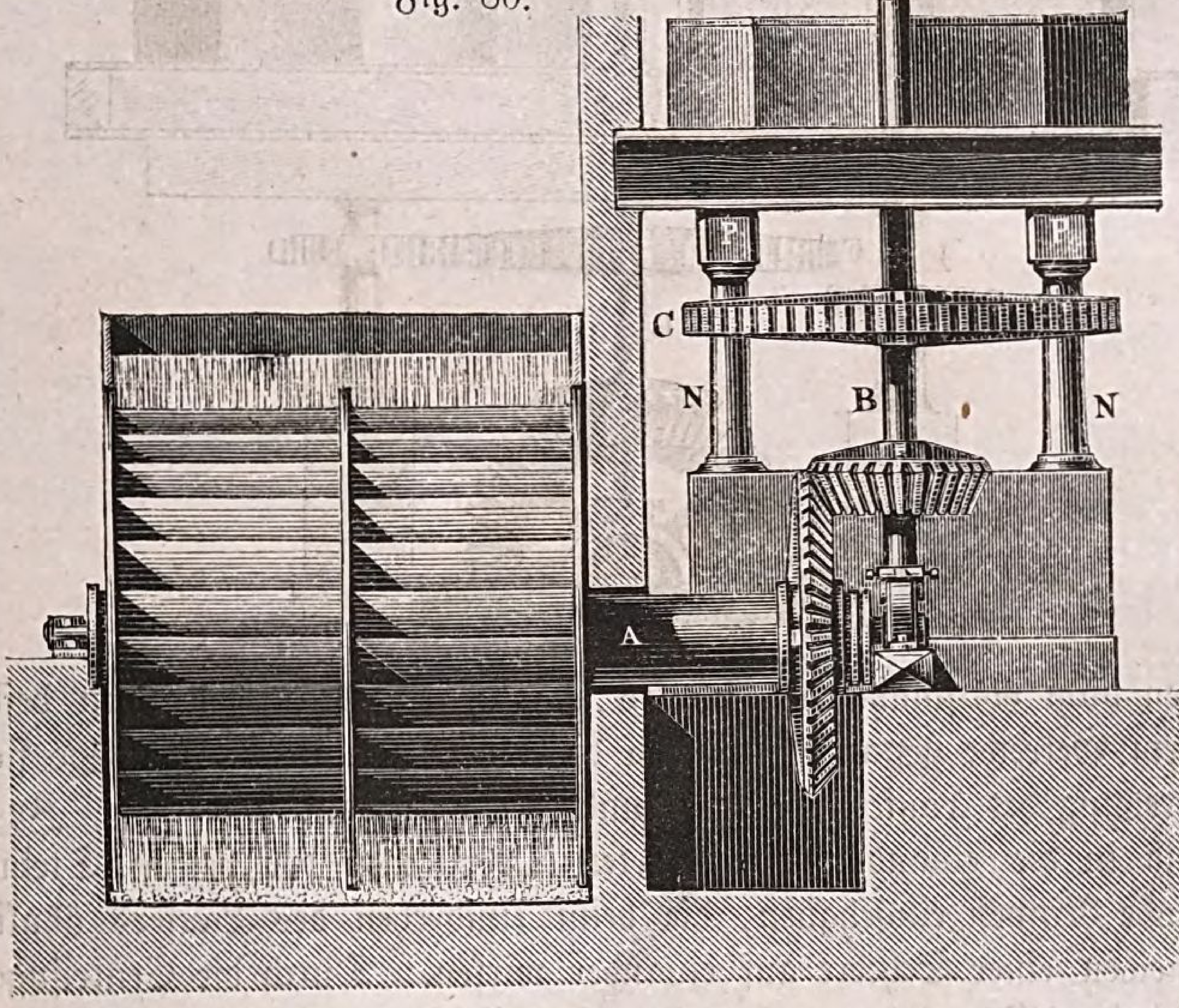
79 **Die Mühle.** Unsere meisten Mühlen werden durch Wasser in Bewegung gesetzt. Entweder stößt dieses, unter dem Mühlrade hinwegfließend, an dessen Schaufeln (**unterschlägiges** Rad), oder das Wasser fließt in der halben Höhe des Rades in die an dessen Umfange befindlichen Kasten (**mittelschlägiges** Rad), oder endlich geht es in einem Canal über das Rad hinweg, um auf dessen vorderer Seite in ähnliche Kasten herabzufallen (**oberschlägiges** Rad).

Bei dem unterschlägigen Rade wirkt das Wasser durch seine Geschwindig-

keit, während es bei dem mittelschlägigen durch Stoß und Gewicht die Umdrehung hervorbringt, und beim oberschlägigen wirkt größtentheils nur sein Gewicht. Es hängt von der Menge und von dem Falle des verfügbaren Wassers ab, ob die Aufstellung des einen oder des andern der genannten Räder die vortheilhaftere ist.

Wir haben in Fig. 80 ein oberschlägiges Rad, welches die Welle *A* umdreht. Diese erstreckt sich in den Mühlbau und überträgt dort vermittels zweier

Fig. 80.

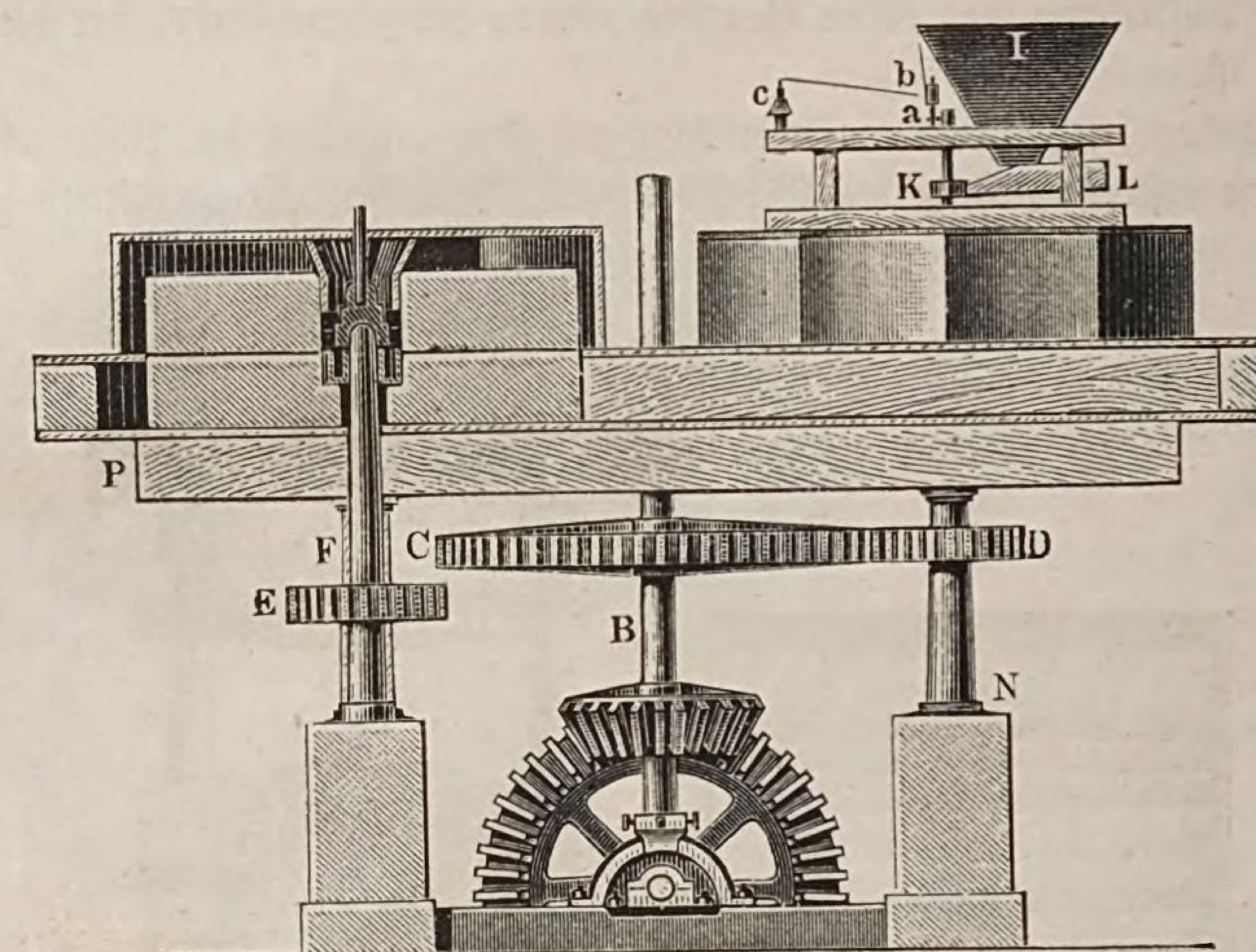


Kreiselräder seine Umdrehung auf die senkrechte Welle *B*. Während hier nur die Verbindung des Mühlwerkes mit der Wasserkraft gezeigt wird, dient nun die folgende Abbildung, Fig. 81 (a. f. S.), zur Darstellung von dessen weiterer Einrichtung.

Das Rad *C* hat die Aufgabe, zwei Mahlgänge in Bewegung zu setzen, deren erster hier im Durchschnitt, der zweite nach seiner äußern Ansicht abgebildet ist. Zu diesem Ende können an den senkrechten Wellen *F* und *N* die Zahnräder *E* und *D* verschoben und beliebig so gestellt werden, daß sie in das Kammrad *C* eingreifen, in welchem Falle die Mühlen in Thätigkeit kommen. Nach unserer Abbildung ist die Mühle rechts im Gange, die linke dagegen in Ruhe. An letzterer wollen wir die innere Einrichtung verfolgen. Die Welle *F* ruht unten mit einem Zapfen in einer Pfanne, geht oben durch den Boden *P* und den auf demselben ruhenden Mühlstein, welcher der Bodenstein genannt wird, hindurch. Auf ihrem obern kegelförmigen Ende trägt diese Welle den zweiten Mühlstein, den Laufer, der durch das sogenannte Mühleisen an ihr befestigt ist und daher mit der Welle sich umdreht. Zwischen beiden Mühlsteinen ist nur ein sehr geringer Abstand, und es wird sorgfältig darauf geachtet, daß

der Laufer genau in seinem Schwerpunkte ruht, damit dieser Abstand allerwärts derselbe ist. Die in der Mitte des Laufers befindliche Oeffnung ist durch das

Fig. 81.



Mühleisen nicht vollständig verschlossen, indem einige in demselben befindliche Lücken dem Getreide gestatten, zwischen die Steine herunterzufallen, wo sie durch die Umdrehung des Laufers in Kleie und Mehl verwandelt werden. Zu diesem Ende sind in die einander zugewendeten Oberflächen der beiden Steine flach auslaufende Rinnen eingehauen, die beim Umdrehen des Laufers ähnlich wie die Schneiden einer Scheere auf einander wirken. Durch die Centrifugalbewegung wird das Gemahlene nach und nach zwischen den Steinen heraus in einen ringsum verschlossenen Raum geführt und gelangt durch eine Oeffnung in das Beutelwerk. Diese zur Sonderung von Kleie und Mehl bestimmte Vorrichtung ist hier der Vereinfachung wegen nicht dargestellt. Sie wird durch eine Fortsetzung der Welle *B* in Bewegung gesetzt.

Das zu mahlende Getreide wird in einen trichterförmigen Kasten *I* (Rumpf) geschüttet, dessen untere Oeffnung durch ein schief gestelltes Kästchen *L*, Schuh genannt, fast verschlossen ist. An einer Verlängerung der Welle, die den Laufer trägt, befinden sich mehrere Daumen *K*, die beim Umdrehen dem Schuh wiederholt kleine Stöße geben, so daß die Körner allmälig herunterrutschen und in die Oeffnung des Laufers fallen.

Eine Schelle *c* benachrichtigt den Müller, wenn der Rumpf *I* nahezu kein Getreide mehr enthält. Von der Schelle geht nämlich eine Schnur nach dem Pflocke *b* und von diesem über eine Rolle in den Rumpf. An ihrem Ende ist ein großes aber leichtes Stück Holz angebunden, welches vom Müller beim Aufschütten des Kornes unter dieses gesteckt wird, so daß der Pflock *b* in einer solchen Höhe sich befindet, daß er von dem Daumen *a* bei der Umdrehung der Welle nicht erreicht wird. Die Menge des Korns wird jedoch nach und nach so ge-

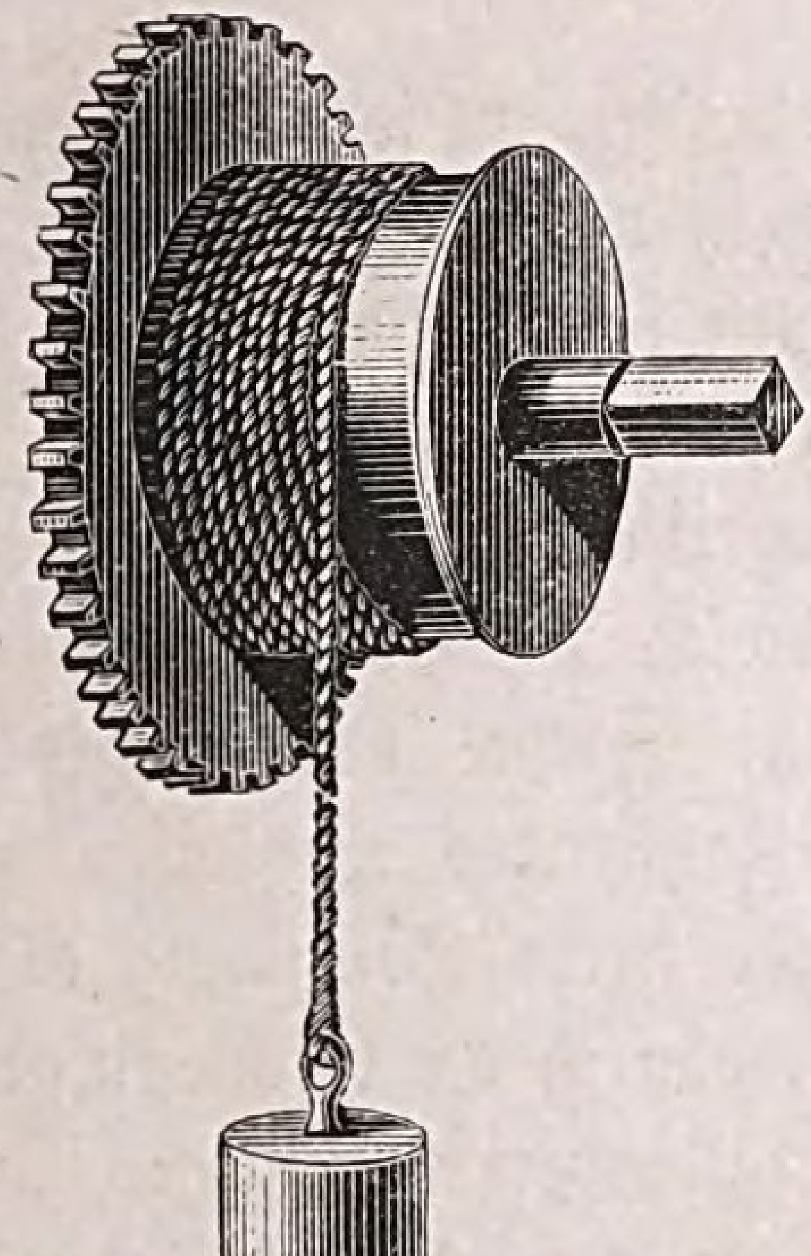
ring, daß sie jenes Holz nicht mehr zu halten vermag, und der Pflock *b* fällt nun so weit herab, daß der Daumen *a* bei jeder Umdrehung durch denselben die Schelle ertönen läßt.

Der Durchmesser eines Mühlsteins beträgt gewöhnlich 4 Meter. Der Laufer macht ungefähr 70 Umdrehungen in der Minute, und ein Paar Mühlsteine mahlt in 24 Stunden 500 bis 600 Pfd. Korn.

Die Uhr. Wenn es gelingt, einem Körper eine vollkommen gleichförmige Bewegung zu ertheilen, so daß derselbe in gleichen Zeittheilen gleiche Räume beschreibt, so kann uns diese Bewegung den wichtigen Dienst eines Zeitmaßes leisten, und diese Aufgabe ist es, welche wir an eine gute Uhr stellen. Leicht wäre sie zu lösen, wenn uns vollkommen gleichmäßig wirkende Kräfte zu Gebote ständen. Dieses ist jedoch keineswegs der Fall, denn sowohl das fallende Gewicht als auch die Feder, welche zur Bewegung unserer Uhren als die vortheilhaftesten Bewegungsmittel sich erwiesen haben, üben eine ungleichförmige Wirkung aus. 80

Winden wir, Fig. 82, die Schnur, an der ein Gewicht sich befindet, auf die zur Fortleitung der Bewegung mit einem Zahnrad verbundene Walze, so wird diese Vorrichtung durch das abwärts ziehende Gewicht anfänglich in langsame, bald jedoch in immer schnellere Umdrehung versetzt, weil das Gewicht als fallender Körper eine rasch beschleunigte Geschwindigkeit annimmt.

Fig. 82.



Benutzen wir die aus einem höchst elastischen Stahlstreifen bestehende Feder, Fig. 83, indem ihr äußeres Ende mit einem festen Punkte, ihr inneres mit einer um sich selbst drehbaren Achse verbunden ist. Wird nun die Feder zugedreht, so muß nachher diese Vorrichtung, sich selbst überlassen, vermöge der Elasticität der Feder die Achse nach entgegengesetzter Richtung in Umdrehung versetzen, Fig. 84. Im ersten Augenblicke, wo diese Feder stark gespannt ist, wird diese Umdrehung sehr rasch geschehen, bald jedoch nachlassen und ganz aufhören, wenn die Feder ihre ursprüngliche Form wieder angenommen hat.

Fig. 83.

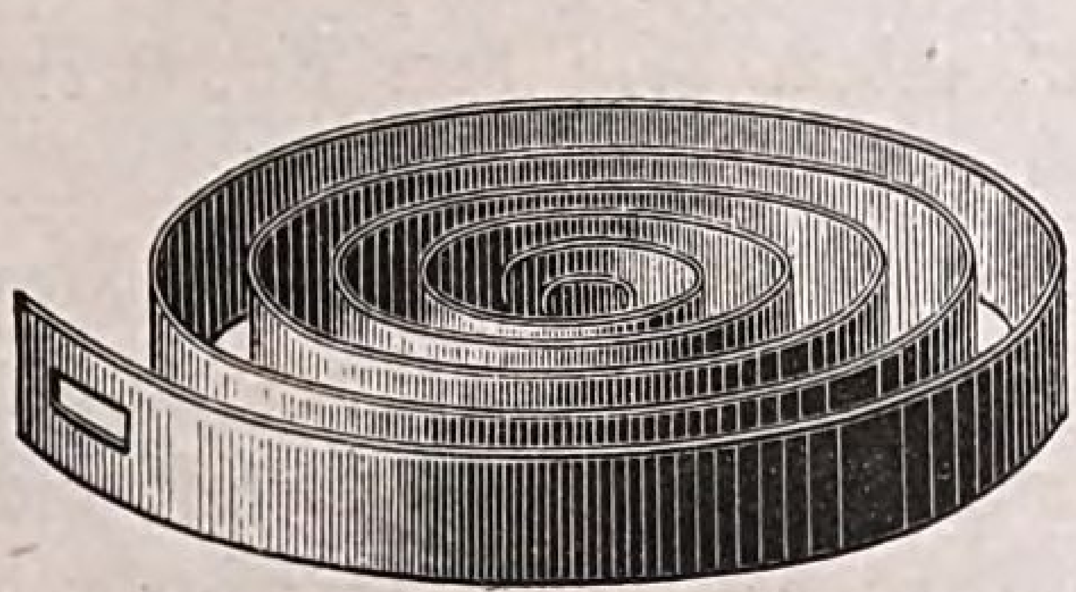
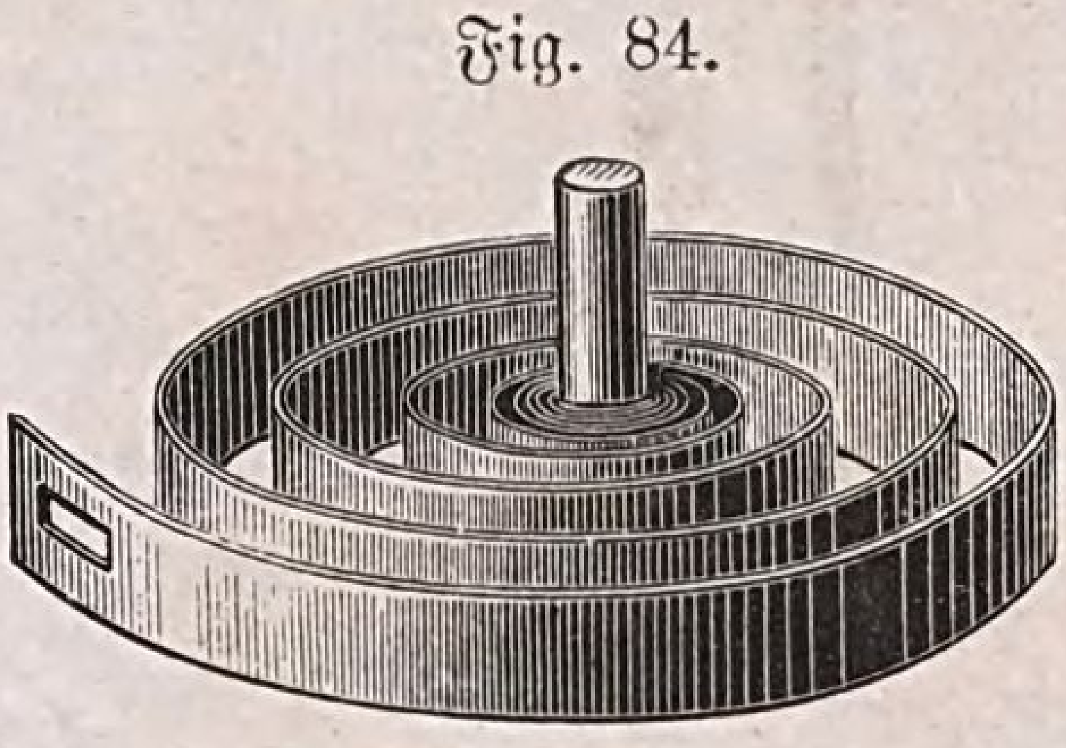


Fig. 84.



Räderwerke, die wir dort durch das Gewicht, hier durch die Feder in Bewegung setzen, würden demnach eine viel zu ungleichförmige Umdrehung erhalten, als daß der durch sie getriebene Zeiger auf einem Zifferblatte Stunde für Stunde gleiche Räume durchschreiten könnte.

81 Wenn wir jedoch das Abwickeln der Schnur durch ein fallendes Gewicht vermittels eines regelmäßig in sehr kurzen Zeitabständen eingreifenden Widerstandes unterbrechen, so ist es klar, daß das Gewicht keine beschleunigte Geschwindigkeit erhalten kann, daß folglich die Schnur sich langsam und regelmäßig abwickelt und der Walze, an der sie befestigt ist, sowie einem mit dieser verbundenen Werke eine entsprechende Bewegung verleiht. Wenn ferner eine durch Umdrehung gespannte Feder vermittels ihrer Achse mit einem Räderwerk verbunden ist, das ebenfalls in sehr kurzen Zeitabständen eine vorübergehende Hemmung erhält, so kann diese Feder sich nicht plötzlich aufdrehen, sondern ihre Kraft vertheilt sich auf eine längere Zeit.

Diese Betrachtung führte zu einer entsprechenden Vorrichtung an allen unseren Uhren, welche die Hemmung (Echappement) genannt wird.

Am vollkommensten läßt sich die Hemmung bewerkstelligen, indem das Pendel zu Hülfe genommen wird, von dem wir in §. 62 gesehen haben, daß innerhalb einer gewissen Größe des Schwingungsbogens alle Schwingungen desselben eine gleiche Dauer haben.

Es sei Fig. 85 ein mit der Achse, an welcher ein Gewicht wirkt, verbundenes Zahnrad und über demselben werde ein Pendel aufgehängt, dessen oberer Theil, Anker genannt, mit den Zähnen *a* und *b* versehen ist, die dazu bestimmt sind, in die Zähne des Rades einzugreifen. Man sieht leicht ein, daß, wenn dieses Pendel in Schwingung versetzt wird, seine Zähne bald rechts, bald links in die des Zahnrades eingreifen und so eine vorübergehende kurze Hemmung desselben bewirken müssen, wodurch die beschleunigte Geschwindigkeit des fallenden Gewichtes in eine gleichförmige verwandelt wird. Wenn der Anker eine wagerechte Stellung hat, so greifen gleichzeitig beide Zähne ein und hindern die Umdrehung des Zahnrades gänzlich, so daß man bekanntlich eine Pendeluhr zum Stehen bringen kann, wenn man das Pendel einige Augenblicke in der senkrechten Lage anhält, und sie wieder in Gang setzt, indem man dem Pendel einen leichten Anstoß giebt.

Fig. 85.

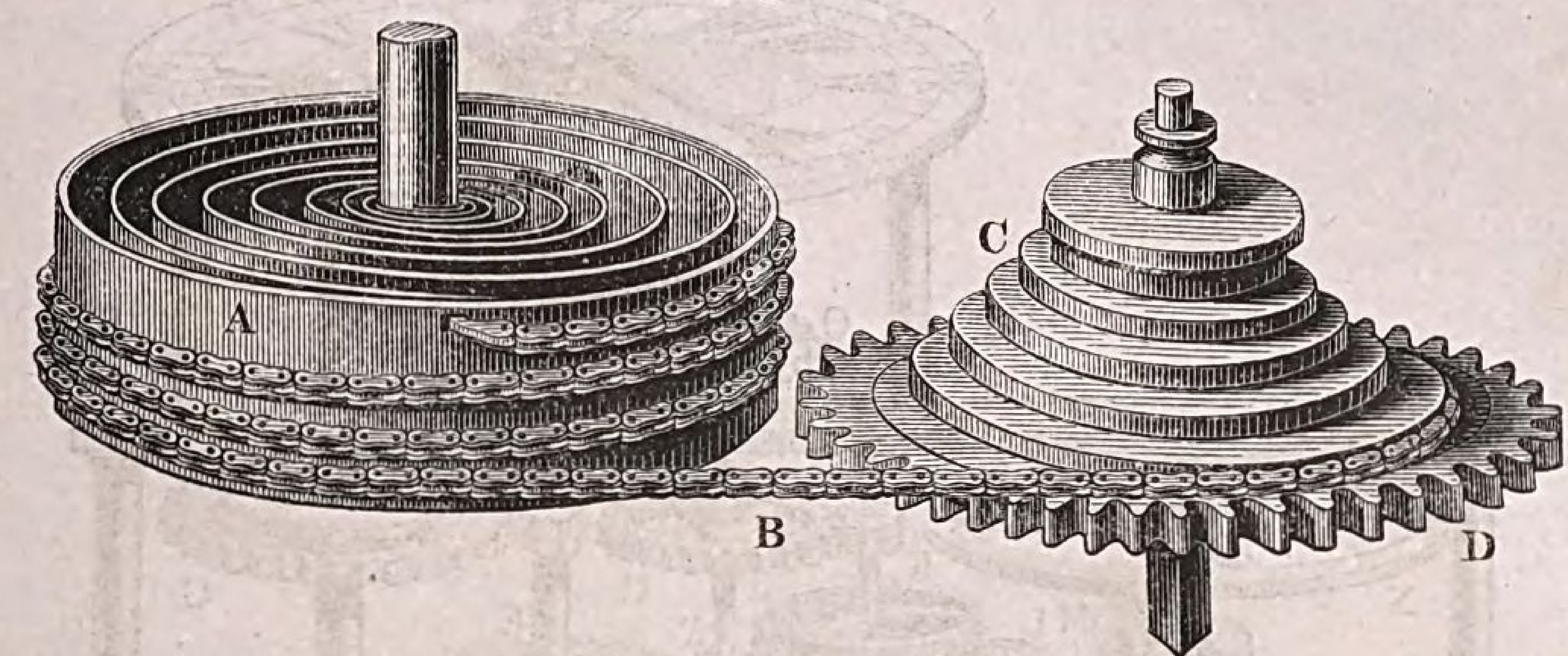


82 Größere Schwierigkeit bietet die Regulirung der Taschenuhr, an der sich natürlich kein Pendel anbringen läßt. Zunächst suchte man die Wirkung der Feder vermittels des

Schneckenrades *C*, Fig. 86, auszugleichen, eine Einrichtung, welche man nur noch bei den älteren, sogenannten Spindeluhren findet.

Durch den Uhrschlüssel wird das kegelförmige Rad *C*, dessen oberer Theil schneckenförmige Umgänge hat, in Umdrehung versetzt. Durch eine gegliederte

Fig. 86.



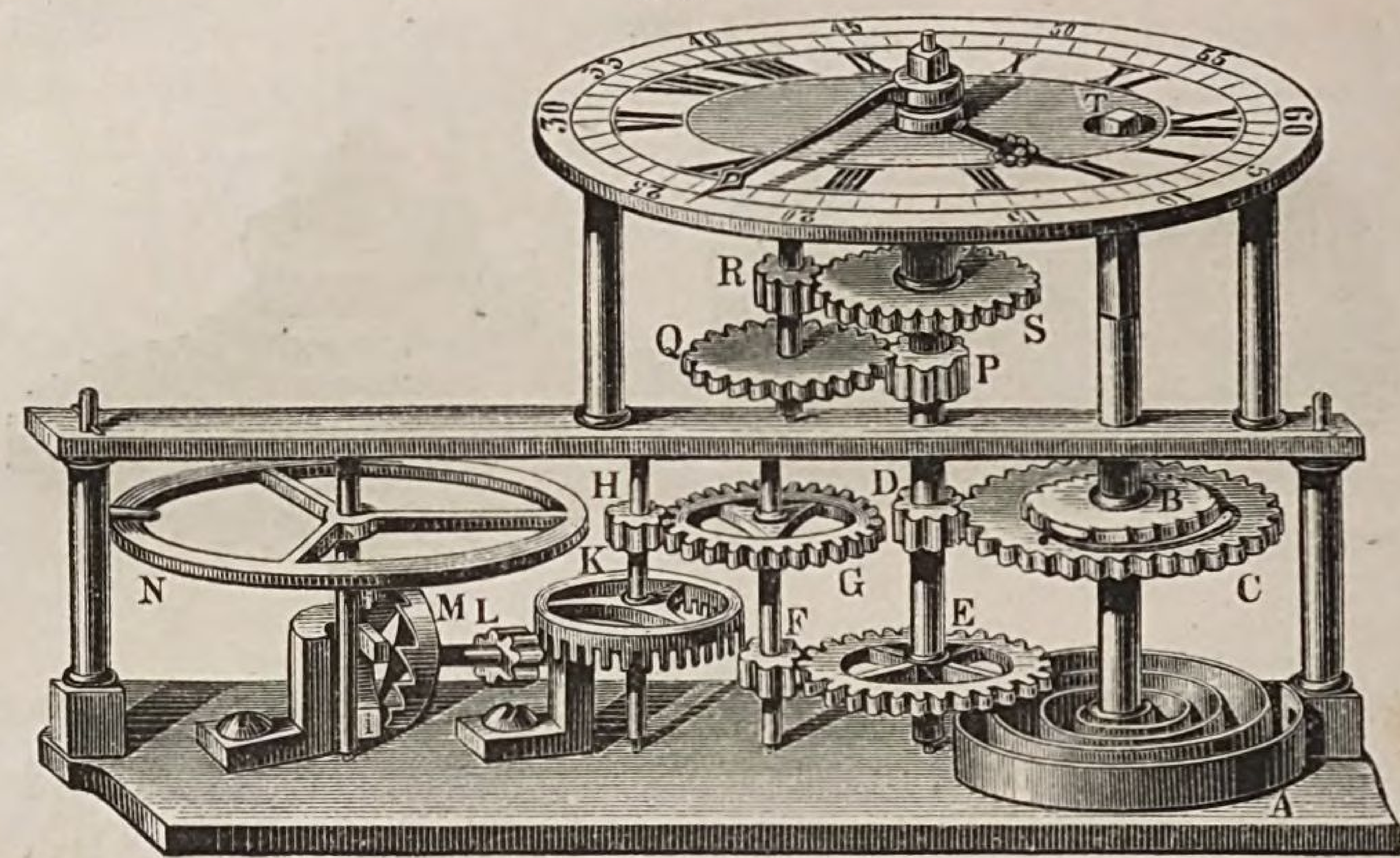
Kette steht dieses Rad in Verbindung mit der Trommel *A* (auch Federhaus genannt), an welcher die Kette aufgewunden und befestigt ist. Inwendig ist an der Trommel das eine Ende der Feder angebracht, deren anderes Ende von einem unbeweglichen Stift festgehalten wird. Wenn man nun beim Aufziehen der Uhr die Kette von der Trommel auf die Umgänge der Schnecke windet, so macht die Trommel mehre Umdrehungen und spannt dadurch die Feder, die nachher, sobald das Werk sich selbst überlassen wird, sich wieder aufdreht und die Trommel *A* nach entgegengesetzter Richtung in Umdrehung versetzt. Bei dieser Umdrehung muß die Trommel jedoch mittels der Kette auch dem Schneckenrade *C* eine Bewegung ertheilen, durch dessen Zähne endlich das übrige Uhrwerk in Gang gebracht wird. Unmittelbar nach dem Aufziehen der Uhr, wenn also die Feder am stärksten gespannt ist, wirkt sie vermittels der Kette am obersten Umgang der Schnecke, welcher den kleinsten Durchmesser hat, und in dem Maße, als die Feder sich aufdreht, also ihre Spannkraft nachläßt, werden die Umgänge größer, so daß die stets schwächer werdende Kraft an einem stets größer werdenden Hebelarm angreift und somit die Ungleichförmigkeit der Bewegung eine für unsern Zweck sehr werthvolle Ausgleichung erhält.

Zur vollständigen Regulirung reicht jedoch die eben beschriebene Vorrichtung nicht aus, ja sie ist bei den neueren Uhren, die eine vervollkommnete Hemmung haben, ganz beseitigt worden. In der nachfolgenden Abbildung Fig. 87 (a. f. S.) haben wir das ganze Werk einer gewöhnlichen Taschenuhr vor uns, bei welchem jedoch, der Deutlichkeit wegen, das Schneckenrad fehlt und sämmtliche rädertragende Achsen länger dargestellt sind, als dem wirklichen Verhältniß entspricht. Als vorläufig werde bemerkt, daß die Räder *P*, *Q*, *R*, *S* das Zeigerwerk und die sämmtlichen übrigen das Gangwerk bilden.

Vermittels des Aufziehstiftes *T* wird die Feder *A* gespannt oder, wie man sagt, die Uhr wird aufgezogen, worauf die Elasticität der Feder sowohl die eigene Achse als auch das an dieser befestigte Zahnrad *C*, welches Bodenrad heißt, nach entgegengesetzter Richtung in Umdrehung versetzt.

Das Bodenrad greift zunächst in den Trieb *D* und setzt durch diesen das Zeigerwerk in Bewegung. Die Spannung der Feder und die Einwirkung der später zu beschreibenden Hemmung muß nun so regulirt sein, daß die Achse des

Fig. 87.



kleinen Rades *P*, Minutenrad genannt, sich einmal während einer Stunde umdreht. Am Ende dieser Achse, über dem Zifferblatte, ist der Minutenzeiger befestigt, der folglich in 12 Stunden ebensoviel Umgänge beschreibt.

Bekanntlich soll aber der Stundenzeiger in derselben Zeit nur einen einzigen Umgang machen. Bemerken wir vorerst, daß die Achse des Stundenzeigers hohl und in Gestalt einer Röhre um die Achse des Minutenzeigers drehbar ist und daß sie an ihrem Ende das Zahnrad *S* trägt. Sehen wir sodann, wie durch die Anwendung mehrerer Zahnräder (vergl. §. 76) die zwölfmalige Umdrehung des Minutenrades *P* in die einmalige des Stundenrades *S* verwandelt wird. Zu diesem Ende hat das Minutenrad acht Zähne und greift in das Wechselrad *Q*, welches 24 Zähne hat, daher die Achse des letztern, sammt dem an ihr befestigten Trieb *R*, nur vier Umdrehungen in 12 Stunden macht.

Am Triebe *R* zählen wir acht Zähne, welche in 32 Zähne am Stundenrade *S* eingreifen, das folglich nur einmal sich umdreht, während *R* vier Umdrehungen und das Minutenrad deren zwölf macht.

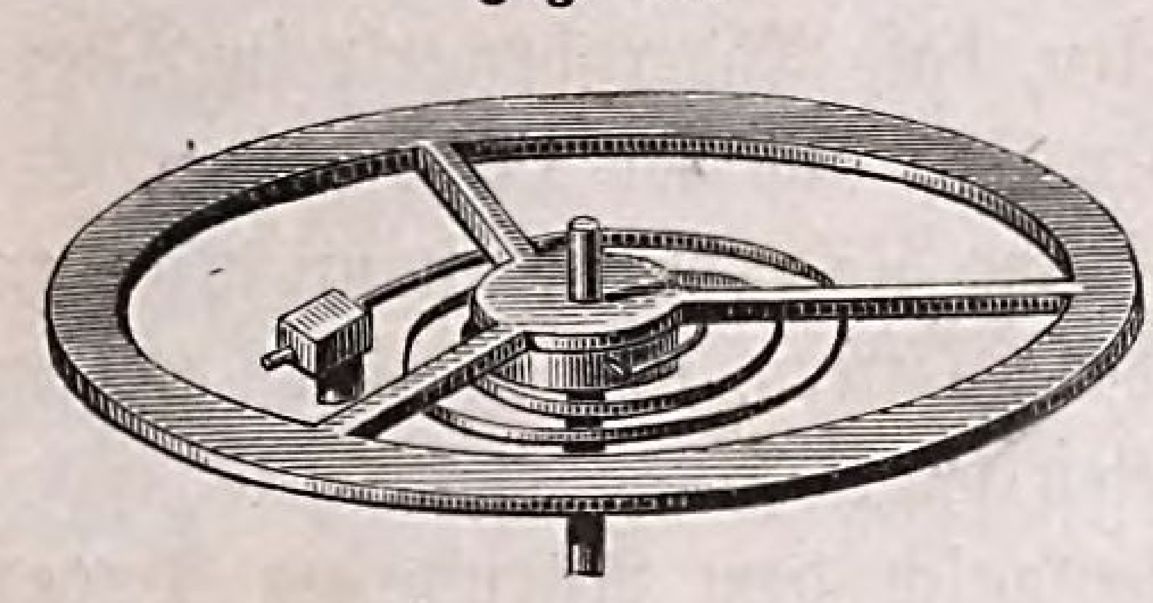
Verfolgen wir nun das Gangwerk, so wird durch das Mittelrad *E*, den Trieb *F*, das Wechselrad *G*, den Trieb *H* die Bewegung fortgepflanzt und das Kronrad *K* in Umdrehung versetzt, welches durch den Trieb *L* seine Bewegung einer wagerecht liegenden Achse mit dem eigenthümlich gezahnten Steigrade *M* ertheilt. Vor dem Steigrade sehen wir nun eine senkrechte Achse aufgestellt, die Spindel, welche ganz oben ein Schwungrad *N* (vergl. §. 78), Balancier genannt, trägt, während weiter unten zwei Messingplättchen oder Flügel *i i'* angebracht sind, deren gegenseitiger Abstand gleich dem Durchmesser des Steigrades *M* ist, und die hinsichtlich ihrer Stellung an der Spindel rechtwinkelig zu einander sind. Die letztgenannten Theile bilden nun mit dem Steigrade die Hemmung des Uhrwerks.

Begegnet nämlich ein Zahn am obern Theile des Steigrades *M* dem obern Flügel *i*, so erhält dieser einen Stoß rückwärts. Gleich darauf begegnet jedoch der untere Flügel *i'* einem untern Zahne von *M* und erhält von demselben einen Stoß vorwärts, so daß überhaupt, so lange das Steigrad sich umdreht, die Flügel *ii'* abwechselnd vorwärts und rückwärts gestoßen werden. Man sieht ein, daß die Spindel mit dem Balancier hierdurch in entsprechend abwechselnde Viertelsumdrehungen versetzt wird. So oft jedoch ein Flügel mit einem Zahne des Steigrades zusammentrifft, so empfängt dieses vom Balancier einen Rückstoß, weil dieser beim Zusammentreffen nicht seine ganze Geschwindigkeit verliert, wodurch denn das Steigrad um ein Gewisses zurückgehalten oder gehemmt wird.

Wären die beschriebenen Schwingungen des Balanciers, wie die eines Pendels, von gleicher Dauer, so würden auch die hierdurch entstehenden Hemmungen von gleicher Dauer und folglich der Gang des Uhrwerks ein regelmäßiger sein. Dieses ist jedoch nicht der Fall, weil die Feder selbst die bewegende Kraft ist, welche die Schwingungen des Balanciers ursprünglich veranlaßt und fortwährend unterhält, so daß die Ungleichheiten in der bewegenden Kraft sich bis auf den Balancier fortpflanzen.

Eine wesentliche Ausgleichung erhalten jedoch diese Unregelmäßigkeiten, wenn an dem Balancier noch eine ganz schmale Feder, die Spirale, Fig. 88, angebracht ist. Eine solche Vorrichtung, auch Unruhe genannt, läßt sich durch einen leichten Anstoß ganz ähnlich in Schwingungen von nahezu gleicher Dauer versetzen wie ein Pendel, nur daß sie bei ersterer in einer wagerechten Ebene, bei letzterm in einer senkrechten stattfinden, und daß dort die Schwingungen durch die Elasticität der Spirale und hier durch die Schwerkraft unterhalten werden. Auf diese Weise ist es möglich geworden, eine regelmäßige Hemmung im Gange der Taschenuhren zu bewerkstelligen, die seit der Einführung der Spirale die höchste Genauigkeit erreicht haben.

Fig. 88.

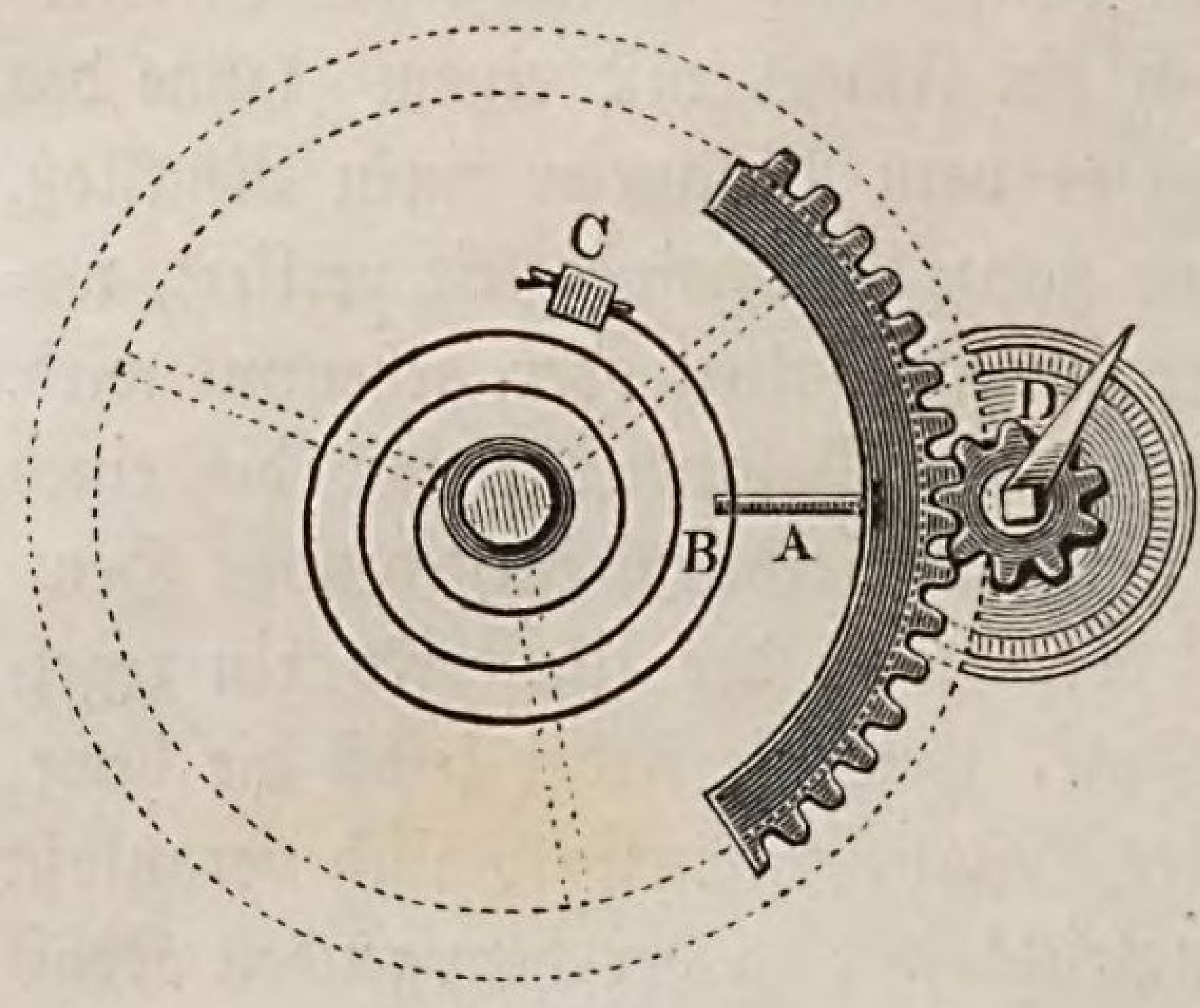


Da nach dem eben Gesagten die Uhr durch die Schwingungen des Balanciers geregelt wird, so müssen diese selbst eine ganz bestimmte Dauer haben. Die Uhr wird vorgehen, wenn diese Schwingungen zu rasch auf einander folgen, und im entgegengesetzten Falle wird sie nachgehen. Es muß daher ein Mittel vorhanden sein, um den Schwingungen des Balanciers genau die erforderliche Dauer zu geben. Es geschieht dieses, indem die Spirale je nach Erforderniß kürzer oder länger gemacht wird, denn es ist begreiflich, daß ihre Spannung durch Verkürzung vergrößert und durch Verlängerung vermindert wird, und in gleichem Verhältnisse die Anzahl der Schwingungen innerhalb einer gewissen Zeit zu- oder abnimmt.

Eine solche Vorrichtung ist die Correction, Fig. 89 (a. f. S.). Die durch den Spiralkloben *C* gehaltene Spirale liegt bei *B* in einem Einschnitte des Armes *A*, der aus einem Stücke mit dem gezahnten Kreisabschnitt gearbeitet ist. Eine

Folge hiervon ist, daß erst von dem Punkte *B* an die Elasticität der Spirale wirksam ist. Wird nun der Zeiger *D* nach der einen oder nach der andern Richtung in Bewegung gesetzt, so erfolgt vermittels des in die Verzahnung eingreifenden Triebes eine entsprechende Verschiebung des Armes *A*, und das nicht wirksame Stück *BC* der Spirale wird verkürzt oder verlängert, also auf diese Weise den Schwingungen die erforderliche Dauer verliehen.

Fig. 89.



83 Die Cylinderuhren unterscheiden sich von der beschriebenen Spindeluhr dadurch, daß bei letzterer die Hemmung durch das aufrecht stehende Steigrad (*M*, Fig. 87) bewirkt wird, während bei den Cylinderuhren die Zähne eines wagerecht liegenden Rades in die hohle und eigenthümlich ausgeschnittene Achse des Balanciers eingreifen, welche Cylinder genannt wird. Diese Einrichtung gewährt den Vortheil, daß die Cylinderuhren sehr flach gebaut werden können, wodurch sie bequemer zum Tragen und schon äußerlich erkennbar sind.

84 In geschichtlicher Beziehung ist zu bemerken, daß Räderuhrwerke im Alterthume nicht vorkommen, und daß hinsichtlich der Zeit und der Person ihrer Erfindung ziemliche Ungewißheit herrscht. Künstliche Räderwerke, namentlich zu astronomischen Zwecken, findet man zuerst in den Klöstern, und in diesen mögen auch die ersten Gewichtuhren anzutreffen gewesen sein.

Die Erfindung der Taschenuhr wird gewöhnlich dem Nürnberger Peter Hele (1500) zugeschrieben, und seine Werke wurden nach ihrer Gestalt Nürnberger Eier genannt.

Gewiß ist dagegen, daß die erforderliche Genauigkeit im Gange der Uhren durch den ausgezeichneten holländischen Physiker Huygens (1657) erreicht wurde, der zuerst den Gedanken ausführte, das Pendel und die Spirale zur Regulirung der Uhren anzuwenden.

B. Gleichgewicht und Bewegung der flüssigen Körper.

85 Die einzelnen Theilchen einer Flüssigkeit äußern gegenseitig zwar eine merkliche Anziehung, allein dieselbe ist so gering, daß sie sich leicht verschieben und von einander trennen lassen. Es entsteht hieraus jene große Beweglichkeit der Flüssigkeiten, weil jedes ihrer Theilchen der Schwerkraft Folge leisten kann. Alle Erscheinungen, welche wir hier betrachten, lassen sich aus diesen Grundeigenschaften der Flüssigkeiten ableiten.

Eine Flüssigkeit befindet sich im Gleichgewichte, wenn alle an der freien Oberfläche derselben liegenden Theilchen gleich weit entfernt sind vom Mittelpunkte der Erde. Es muß demnach die Oberfläche jeder ruhigen Flüssigkeit ein Theil

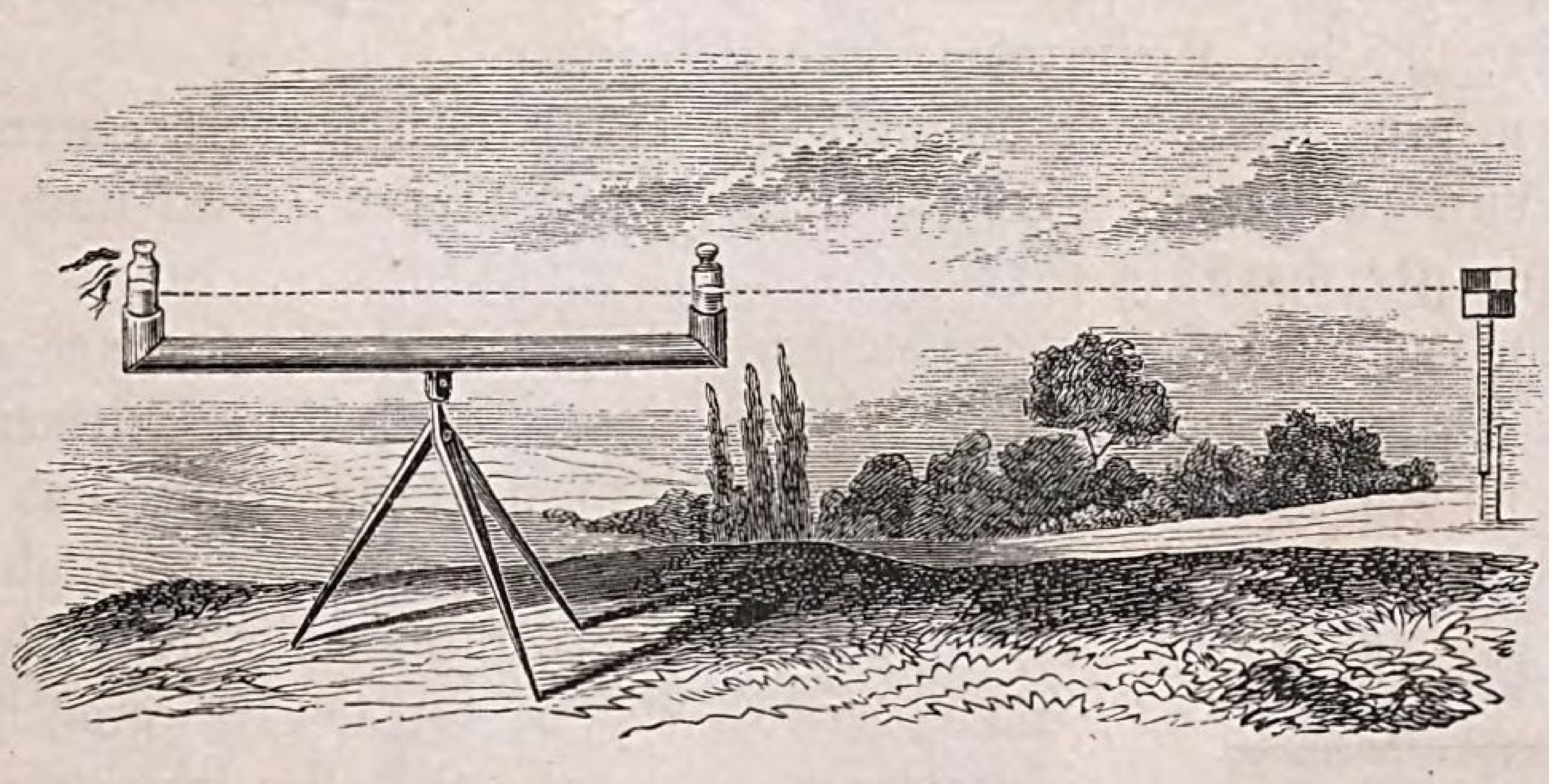
einer Kugelfläche sein. Dieses ist wirklich der Fall, und bei größeren Wassermassen, z. B. an der Meeresoberfläche, deutlich erkennbar. Kleinere Flächen von Flüssigkeiten erscheinen jedoch in der Gleichgewichtslage als vollkommene Ebenen, sogenannte Spiegel, die rechtwinkelig zur Richtung der Schwere sind.

Wird in der That irgend ein Theil der Flüssigkeit in eine höhere Lage gebracht als der andere, so findet in Folge der leichten Verschiebbarkeit der Theilchen so lange Bewegung Statt, bis alle wieder in die Gleichgewichtslage zurückgekehrt sind. Die Bewegung der Flüsse nach dem Meere beruht auf dem Bestreben des auf der Erdoberfläche befindlichen Wassers, sich stets ins Gleichgewicht zu stellen.

Eine Folge der für die Flüssigkeiten bestehenden Gleichgewichtsverhältnisse ist es, daß in Gefäßen, deren einer Theil weiter ist als der andere, oder in verschiedenen Gefäßen, die mit einander in Verbindung stehen und daher communicirend genannt werden, die Höhe des Spiegels der in denselben enthaltenen Flüssigkeiten von dem Boden derselben überall dieselbe ist. Wir finden dieses bestätigt an den Gießkannen, Theekannen und Oellampen, wo in der engern Röhre die Flüssigkeit stets eben so hoch steht als in dem weitern Theile derselben. Wird eine in der Höhe entspringende Quelle gefaßt und nach der Ebene geleitet, so bildet die Fassung ein durch die Röhrenleitung mit dem Brunnen zusammenhängendes Gefäß, in dessen Theilen das Wasser sich gleich hoch stellt, so daß hieraus die Einrichtung der Springbrunnen sich erklärt.

Besonderen Vortheil gewährt ein unter dem Namen der Nivellirwage bekanntes communicirendes Gefäß. Es besteht aus einem wagerecht aufgestellten Blechrohr, mit kurzen senkrechten Schenkeln, in welche röhrenförmige Gläser eingekittet sind (Fig. 90). Wird in diese Vorrichtung gefärbtes Wasser

Fig. 90.



gegossen, so stellt es sich in den Glasröhren gleich hoch. Sieht nun das Auge nach einem entfernten Punkte in der Art, daß derselbe mit den beiden Spiegeln der Flüssigkeit in einer Linie liegt, so ist diese Linie wagerecht und dient als Richtung beim Nivelliren, d. i. Ebenen einer unebenen Bodenfläche.

Die Größe des Druckes, welchen die Bodenfläche eines mit Flüssigkeit 86
erfüllten Gefäßes erleidet, ist durchaus nicht von der Menge derselben abhängig, sondern allein von der Höhe der Flüssigkeit und der Grundfläche des Gefäßes.

Durch die entschiedensten Versuche ist nachgewiesen, daß, wenn Höhe und Grundfläche verschiedener Gefäße gleich sind, wie dies bei den Figuren 91, 92, 93 und 94 der Fall ist, der Druck auf den Boden der Gefäße bei allen vollkommen gleich ist. Die Menge von Flüssigkeit in denselben ist dagegen, wie man sieht, sehr

Fig. 91.

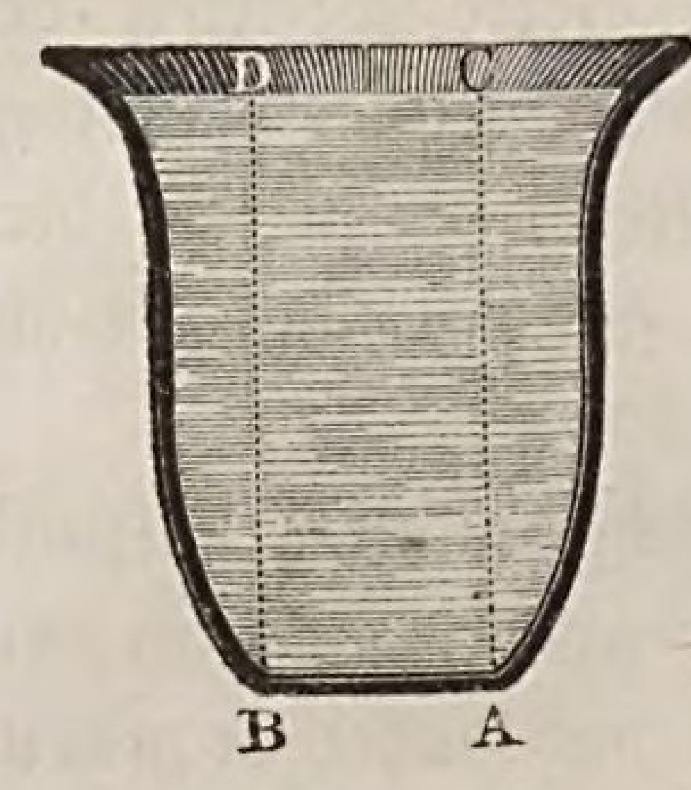


Fig. 92.

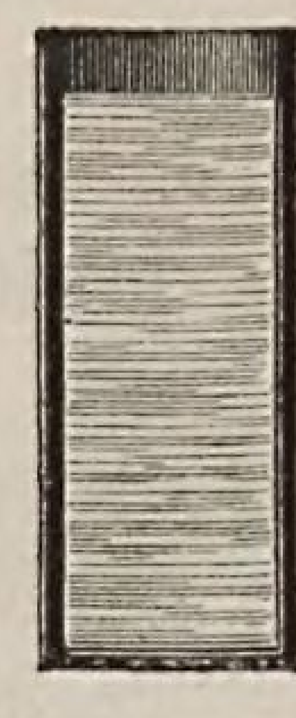


Fig. 93.



Fig. 94.



ungleich. Man kann daher mit sehr wenig Flüssigkeit einen sehr starken Druck ausüben, wenn man sie in eine enge Röhre gießt, die sehr hoch ist und sich unten beträchtlich erweitert. Es ist die Wirkung dann genau so, als ob die Röhre bis oben hin gleich weit wäre.

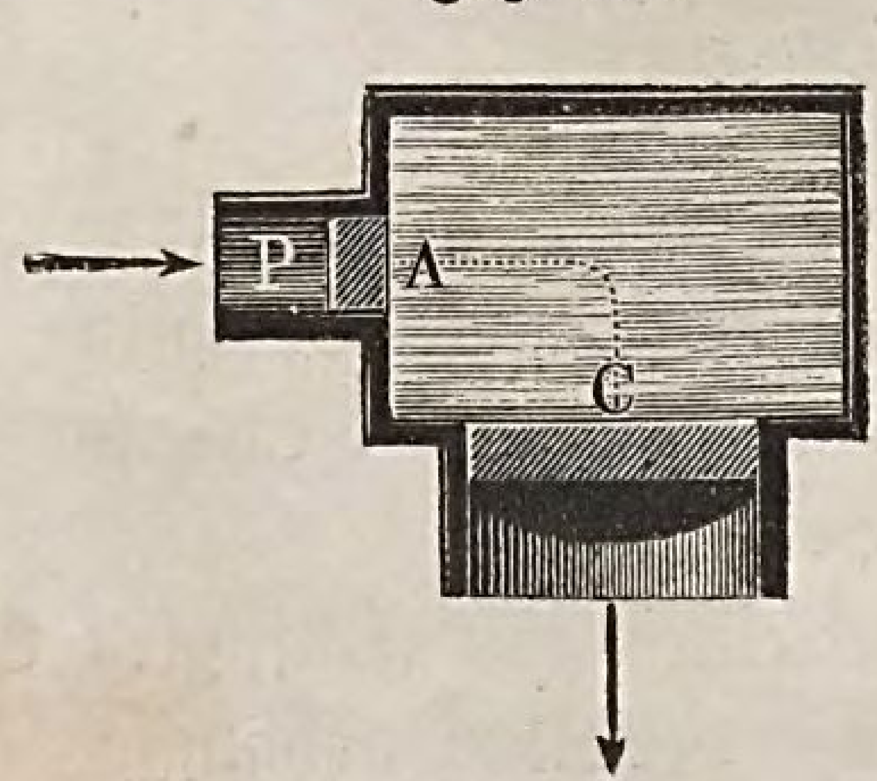
1 Kb$^{cm.}$ Wasser wiegt 1 Gramm. Beträgt die Bodenfläche eines Gefäßes 100 □$^{cm.}$ und die Höhe der Flüssigkeit 1 Centimeter, so erleidet jene einen Druck von 1 × 100 Kb$^{cm.}$ Wasser, die zusammen 100 Gramm wiegen. Ist aber die Höhe der Flüssigkeitssäule 1 Meter = 100$^{cm.}$, so ist der Druck gleich 100 × 100 Kb$^{cm.}$ Wasser oder gleich 20 Pfd.

Bei Gefäßen, die Flüssigkeit enthalten, erleidet auch die *Seitenwand* einen Druck, der für gleiche Theile der Wand um so größer wird, je näher diese dem Boden des Gefäßes sich befinden. Daß dieser Druck sogar als bewegende Kraft benutzt werden kann, läßt sich durch geeignete Vorrichtungen, wie das *Segner'sche* Rad und das Kreiselrad (*Turbine*), zeigen.

87 *Wenn ein Theil der Oberfläche einer Flüssigkeit einem gewissen Druck ausgesetzt wird, so pflanzt sich dieser Druck nach allen Richtungen gleichmäßig fort.*

In ein von allen Seiten verschlossenes Gefäß mache ich oben und an der Seite eine Oeffnung, jede von der Größe eines □$^{cm.}$ Die Seitenöffnung verschließe ich mit einem Pfropf, fülle das Gefäß ganz mit Wasser und drücke nun mittels eines Stempels durch die obere Oeffnung auf die Flüssigkeit mit einer Kraft gleich 100 Pfund. Jeder Theil der Wände dieses Gefäßes, der 1 □$^{cm.}$ groß ist, hat jetzt einen von Innen nach Außen wirkenden Druck von 100 Pfd. auszuhalten. Beträgt die Oberfläche desselben 60 □$^{cm.}$, so ist der Gesammtdruck auf die Wände 60 × 100 = 6000 Pfd. Der in die Seitenöffnung gesetzte Pfropf erleidet einen Druck von 100 Pfd. Kann er diesen nicht ertragen, so wird er hinausgetrieben. Fig. 95 sei der Durchschnitt eines Gefäßes voll Wasser mit

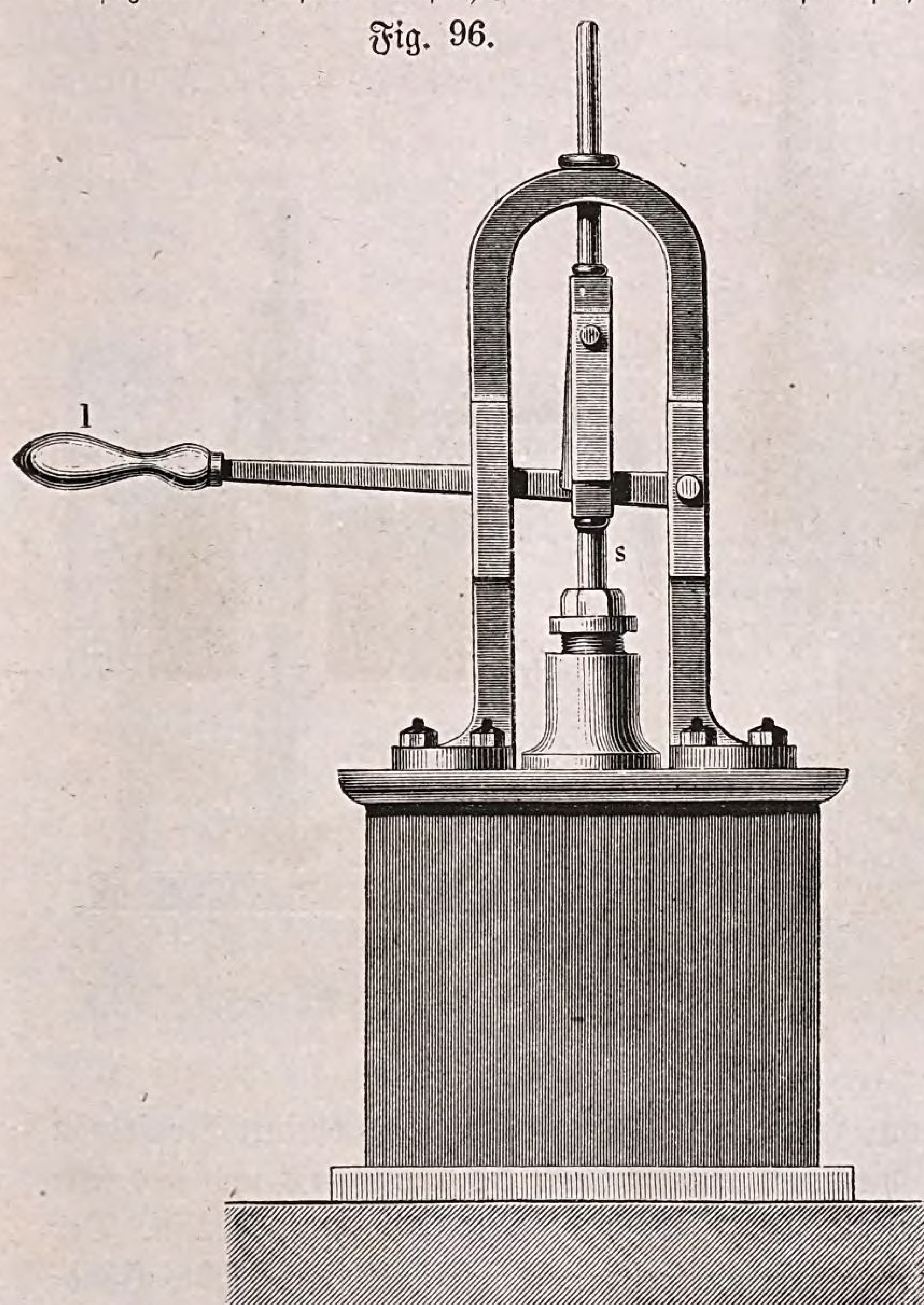
Fig. 95.



zwei Seitenöffnungen, welche durch die Kolben *A* und *C* verschlossen sind. Ist nun z. B. die Oberfläche von *C* 4 Mal größer als die von *A*, und drücke ich mit einer Kraft von 10 Pfd. den Kolben *A* nach Innen, so erleidet *C* einen Druck von 40 Pfd. nach Außen. Es erklärt sich hieraus, daß die Wände der Gefäße, in welchen Flüssigkeiten zusammengedrückt werden sollen, eine angemessene Stärke besitzen müssen. Wenn wir eine Flasche mit Wasser ganz anfüllen, dann einen Stöpsel auf die Mündung aufsetzen und denselben mit einem leichten Schlage einzutreiben versuchen, so wird die Flasche zerspringen. Man gebraucht daher die Vorsicht, beim Füllen der Weinflaschen, die fest verkorkt werden sollen, stets eine zollhohe Luftschicht über dem Wein zu lassen, deren leichte Zusammendrückbarkeit jene Gefahr beseitigt.

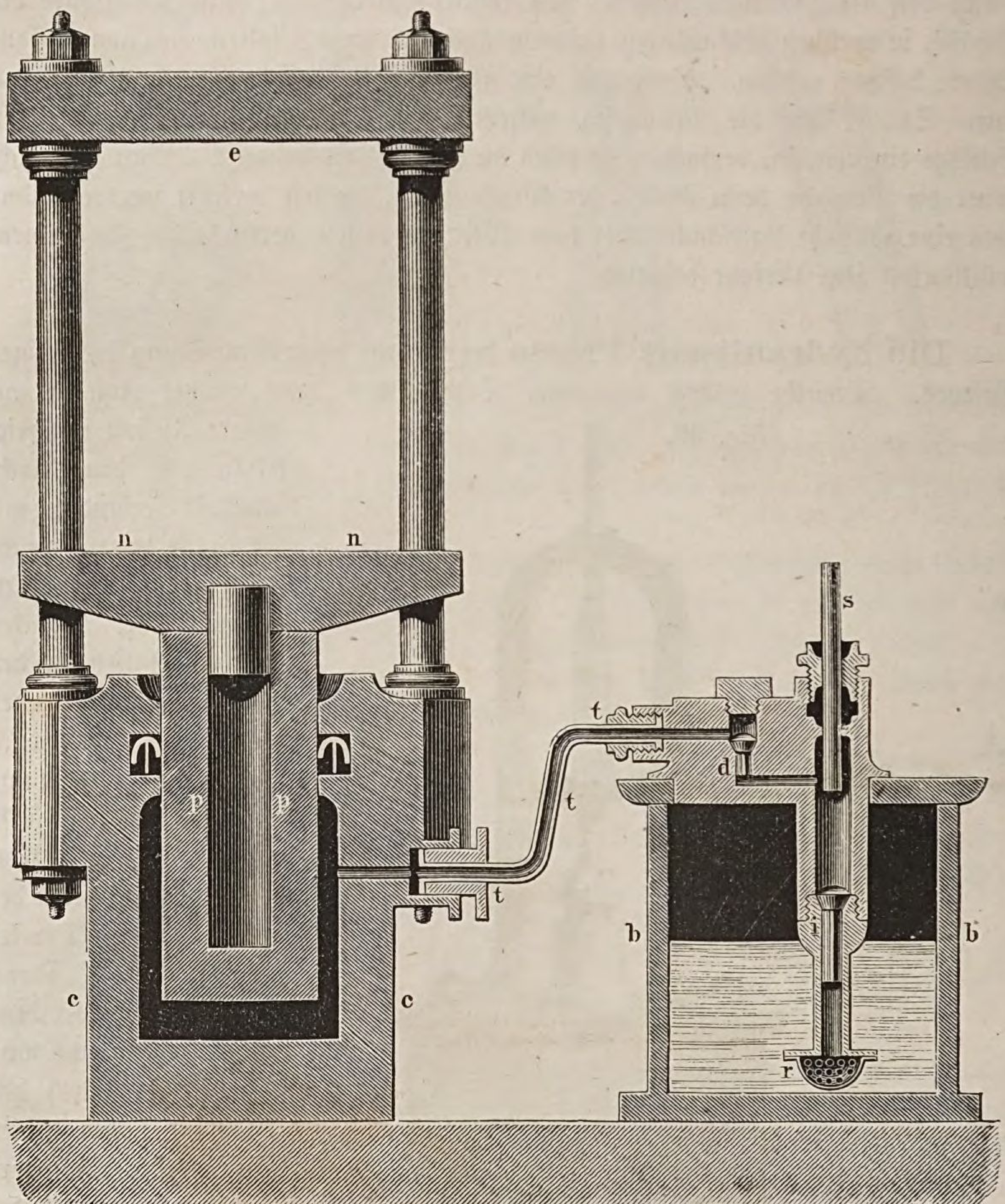
Die hydraulische Presse beruht auf einer Anwendung des obigen 88
Gesetzes. Dieselbe besteht aus einer Druckpumpe, von welcher Fig. 96 die äußere Ansicht und Fig. 97 (a. f. S.) den Durchschnitt in Verbindung mit der Presse zeigen, welche durch das Rohr *tt* stattfindet. Wir erblicken hier eingelassen in den hohlen Cylinder *cc* den Kolben *pp*, welcher oben die Platte *nn* trägt und aufwärts verschiebbar ist. Die Hebung des Kolbens wird vermittels des hydraulischen Druckes bewerkstelligt. Durch das Spiel des Kolbens *s* der Druckpumpe wird das Wasser durch das Rohr *tt* in den hohlen Raum des Cylinders *cc* gedrückt und also der Kolben *pp* in die Höhe geschoben. Soviel mal die untere Fläche des Preßkolbens *pp* größer ist, als der Querschnitt des Druckkolbens *s*, so viel wird auch die Kraft, mit welcher der Preßkolben gehoben wird, größer sein als die Kraft, mit der man den Druckkolben *s* niederdrückt. Der Querschnitt von *s* sei 1 □$^{cm.}$; der von

Fig. 96.



pp gleich 100 □^{cm}. Wird alsdann *s* mit einer Kraft von 600 Pfd. niedergedrückt, was bei Anwendung des Hebels *l* mit einem Kraftaufwand von

Fig. 97.



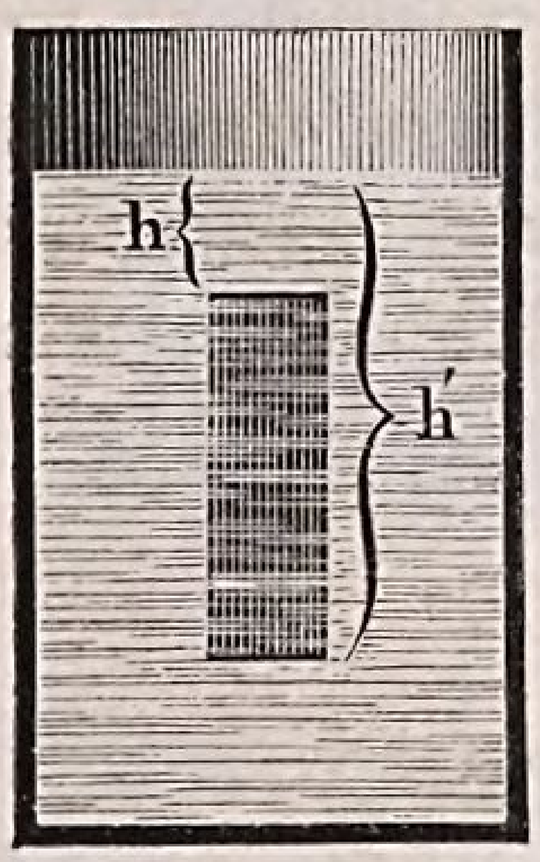
nur 100 Pfd. geschehen kann, so wird der Preßkolben *pp* mit einer Kraft von 60 000 Pfd. gehoben und hierdurch ein zwischen die Platte *nn* und das feste Widerlager *e* gebrachter Gegenstand mit derselben Gewalt zusammengepreßt. Der geringe Raum, welchen die hydraulische Presse einnimmt, und ihre leichte Handhabung giebt ihr in vielen Fällen den Vorzug vor den Hebel- und Schraubenpressen.

89 Wenn wir irgend ein leeres Gefäß, z. B. ein Trinkglas oder einen Eimer, mit dem Boden voraus in Wasser bringen und versuchen, dasselbe unterzutauchen, so begegnen wir einem merklichen Widerstand; es bedarf einer gewissen

Kraft, um auf diese Weise ein Gefäß in Wasser herabzudrücken. Sobald jene Kraft nachläßt, steigt der eingetauchte Gegenstand wieder empor. Es ist unverkennbar ein auf dessen untere Fläche wirkender, aufwärts gerichteter Druck vorhanden, der diese Erscheinungen veranlaßt und welcher der Auftrieb genannt wird. Dieser Druck ist gleich dem Gewicht einer Wassersäule, welche denselben Querschnitt hat wie der eingetauchte Körper, und deren Höhe von dessen Bodenfläche bis zum Wasserspiegel reicht. Wenn z. B. die Grundfläche eines Eimers 500 □ cm. beträgt, und dieselbe einen cm. tief unter den Wasserspiegel hinabgedrückt wurde, so entspricht der Auftrieb, den sie erleidet, dem Gewicht von 500 Kbcm. = 1 Pfd. Wasser, oder bei 25 cm. Tiefe ist der Auftrieb gleich 25 Pfd. Gießt man in der That eine solche Wassermenge in den Eimer, so wird dadurch dem Auftrieb das Gleichgewicht gehalten, er wird alsdann nicht mehr fühlbar, obwohl er noch vorhanden ist. Es läßt sich aus dem Gesagten folgern, daß alle in Wasser eingetauchte Körper einen solchen Auftrieb erleiden, dessen Wirkung sich aber je nach dem specifischen Gewicht derselben in verschiedener Weise äußert, wie wir in Nachfolgendem untersuchen wollen.

Wir erblicken in Fig. 98 einen in Wasser eingetauchten Cylinder. Derselbe ist an seiner ganzen Oberfläche dem Druck des ihn umgebenden Wassers ausgesetzt. Jeder seitlich auf denselben wirkende Druck ist durch einen gleichen Gegendruck von der entgegengesetzten Seite aufgehoben. Auch an seiner untern Fläche begegnen sich zwei in entgegengesetzter Richtung drückende Kräfte. Abwärts drückt das Gewicht des Cylinders, sammt dem Gewicht der über ihm befindlichen Wassersäule h. Diesem entgegen wirkt auf die untere Fläche der Auftrieb, welcher nach dem oben Gesagten gleich dem Gewicht einer Wassersäule ist, von dem Querschnitt des Cylinders und von der Höhe des Abstandes seiner untern Fläche vom Wasserspiegel, also gleich h'. Wenn wir zu diesem Versuche einen Körper gewählt haben, der das specifische Gewicht des Wassers besitzt, so wird die Summe der Gewichte des Cylinders und der Wassersäule h, also die abwärts drückende Kraft, gleich sein dem Gewicht der Wassersäule h', welche den Auftrieb vorstellt. Beide auf den Cylinder wirkende Drucke halten sich somit das Gleichgewicht; er wird weder sinken noch steigen. Es läßt sich zeigen, daß das Gewicht dieses Körpers durch den Auftrieb vollständig aufgehoben ist, indem wir den Cylinder mittels eines Fadens an den Balken einer Wage hängen; dieselbe wird hierdurch ebenso wenig aus dem Gleichgewicht kommen, als wenn ich einen auf dem Tische liegenden Stein durch einen Faden an den Arm der Wage binde.

Fig. 98.



Allein wie verhält es sich, wenn der eingetauchte Körper ein größeres oder geringeres specifisches Gewicht besitzt, so daß er zwar denselben Umfang, aber ein größeres oder geringeres Gewicht hat als der Cylinder?

In jedem Falle bleibt der von der Flüssigkeit ausgeübte Druck derselbe. Ist jedoch der Körper leichter, so kann er diesem das Gleichgewicht nicht halten, er steigt in die Höhe und schwimmt, ist er dagegen schwerer, so kann zwar die

Flüssigkeit einen Theil seines Gewichtes tragen, allein doch nicht das Ganze, und er sinkt zu Boden.

90 Das aus dem Vorhergehenden abgeleitete und nach seinem Entdecker als das Princip des Archimedes bezeichnete Gesetz lautet daher also:

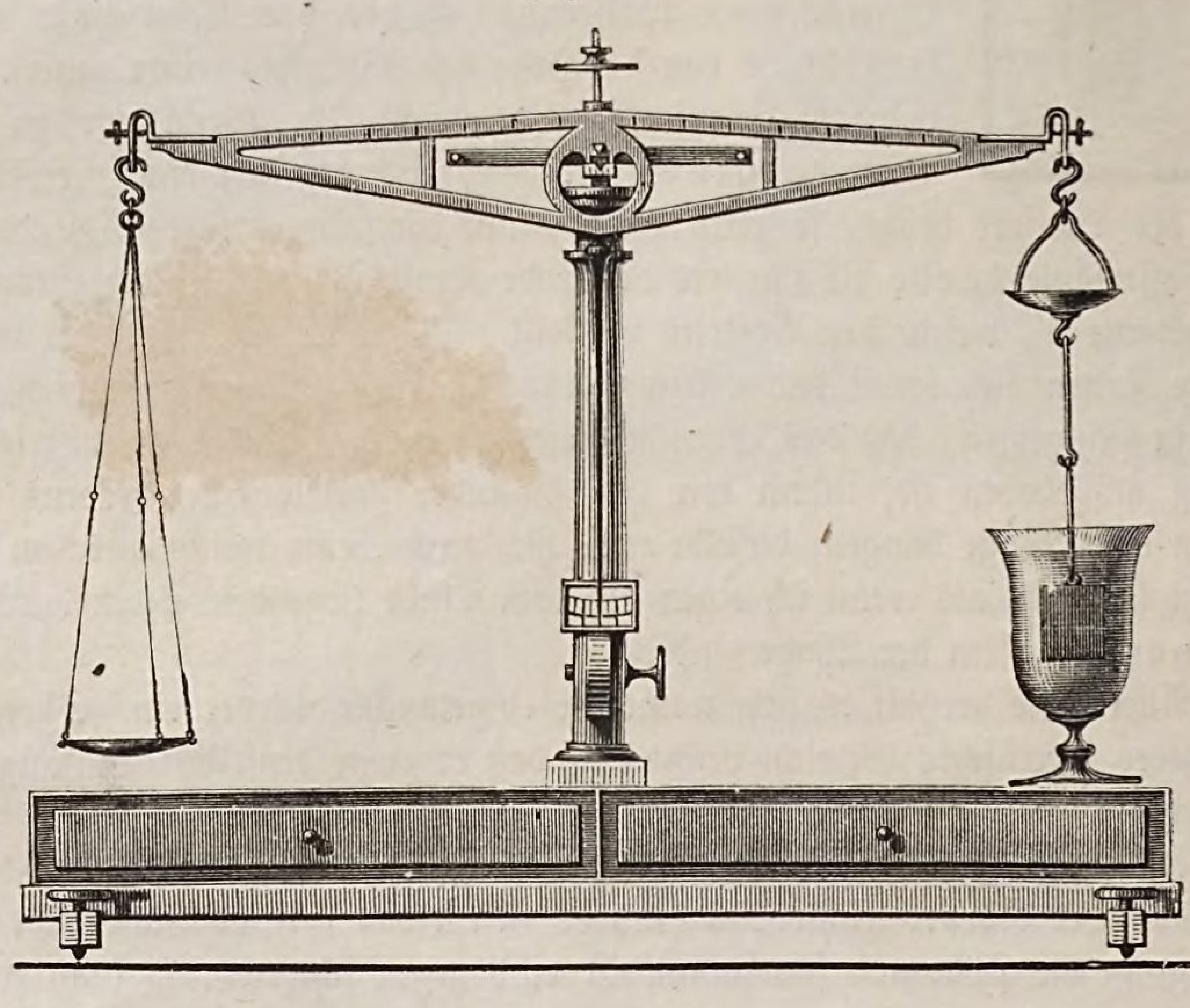
„Von dem Gewichte eines jeden in einer Flüssigkeit untergetauchten Körpers trägt dieselbe so viel, als die Flüssigkeit wiegt, deren Stelle der Körper einnimmt."

Einige sehr gewöhnliche Beispiele dienen zum Beweise des Gesagten. Mit Leichtigkeit wird man einen mit Wasser gefüllten Eimer heben und hin und her bewegen, so lange derselbe in Wasser eingetaucht ist, weil dieses sein ganzes Gewicht trägt. Außerhalb desselben bedarf es dagegen hierzu eines Kraftaufwandes, der dem vollen Gewichte der Last angemessen ist. Ebenso kann man einen in Wasser befindlichen Menschen mit einem Finger heben und bewegen.

Für schwimmende Körper, die nur zum Theil in Flüssigkeiten eingetaucht sind, gilt folgendes Gesetz: „Das Gewicht eines schwimmenden Körpers ist gleich dem Gewichte der Flüssigkeit, welche denselben Raum einnimmt, wie sein eingetauchter Theil."

91 Auf dem archimedischen Princip beruhen die nachfolgenden Methoden, deren man sich zu genauen Bestimmungen des specifischen Gewichts fester und flüssiger Körper bedient. Erinnern wir uns, daß ein Kb$^{cm.}$ Wasser 1 Gramm wiegt. Irgend ein Körper, z. B. ein Stück Blei, wird zuerst, wie gewöhnlich, in freier Luft gewogen und 22 Gramm schwer gefunden; man wiegt es nun, wie Fig. 99, in Wasser eingetaucht und findet, daß dieses 2 Gramm von dessen Gewicht trägt. Wir erfahren aus diesem Versuche, daß 22 Gramm Blei denselben Raum

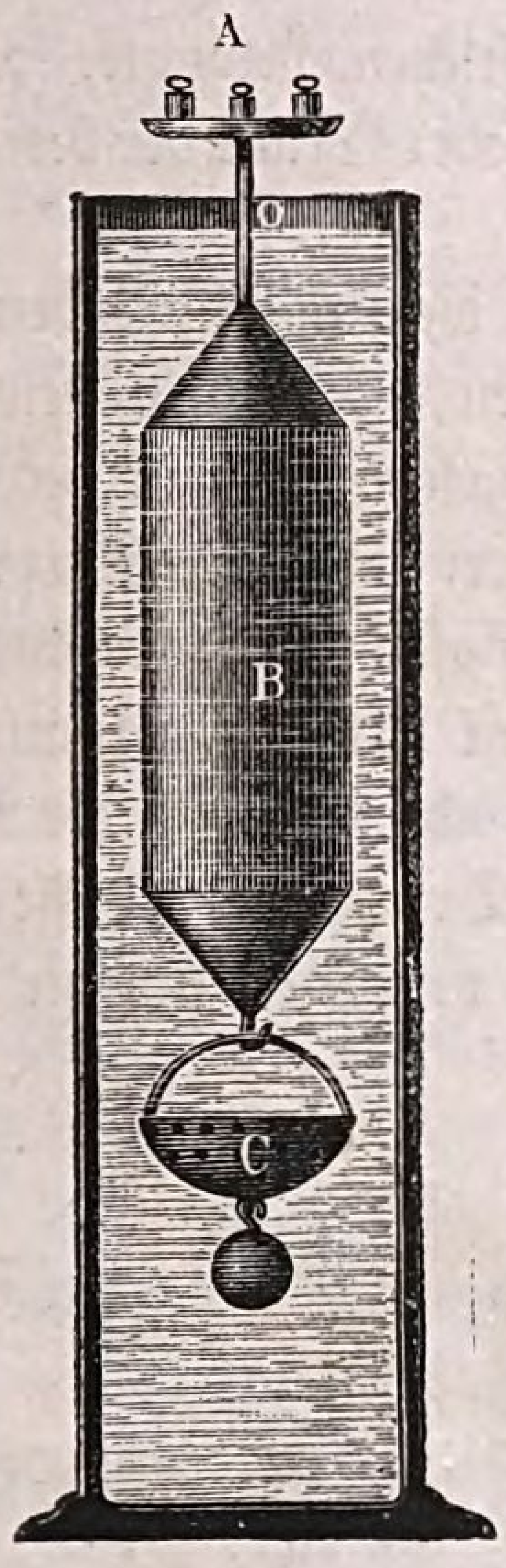
Fig. 99.



einnehmen wie 2 Gramm Wasser (nämlich 2 Kubikcentimeter), oder was dasselbe ist, daß 11 Gramm Blei denselben Raum einnehmen wie 1 Gramm Wasser. Wir schließen daraus, daß das Blei elfmal so dicht ist als das Wasser.

Eine andere sehr einfache Vorrichtung zur Bestimmung des specifischen Gewichts ist das Aräometer von Nicholson (Fig. 100). Es besteht aus einem Cylinder von Messing, *B*, der oben auf einem dünnen Stiel das Tellerchen *A* trägt, während unten ein kleines siebartig durchlöchertes Körbchen *C* angehängt wird. Das Instrument ist so eingerichtet, daß der Cylinder *B* noch zum Theil aus dem Wasser ragt, in das es gesenkt worden ist. An dem Stiele ist als Marke bei *O* ein Feilstrich angebracht. Der Körper, dessen specifisches Gewicht man bestimmen will, wird auf den Teller gelegt; das Instrument sinkt hierdurch etwas tiefer ein, und durch Zulegung von Gewichten bringt man es dahin, daß es genau bis zu der Marke eintaucht. Nimmt man alsdann den Körper hinweg und ersetzt ihn durch so viel Gewicht als nöthig ist, um das Aräometer wieder bis zur Marke zu versenken, so ist offenbar dieses Ersatzgewicht gleich dem absoluten Gewicht jenes Körpers.

Fig. 100.

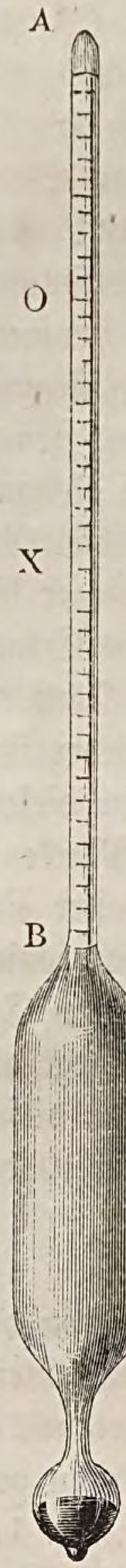


Man nimmt nun das Ersatzgewicht wieder fort und legt den Körper in das Körbchen *C*; in diesem Falle kann das Instrument nicht bis zur Marke *O* einsinken, denn der Körper verliert ja in Wasser eingetaucht einen Theil seines Gewichtes und zwar soviel, als das Wasser wiegt das er verdrängt; dessen Gewicht ergiebt sich aber, indem man auf dem Teller soviel Gewicht zulegt als nöthig ist, um das Aräometer abermals bis zur Marke zu versenken. Aus diesen Thatsachen berechnet man das specifische Gewicht des Körpers, wie in §. 20 bereits gezeigt worden ist.

Aräometer mit Scala. Wenn ich eine Glasröhre etwa von der 92
Gestalt wie Fig. 101 (a. f. S.) nehme, deren Schwerpunkt durch etwas im untern Theile befindliches Quecksilber so tief gelegt ist, daß sie in Flüssigkeiten getaucht in senkrechter Stellung schwimmt, so wird dieses Instrument in Flüssigkeiten von ungleicher Dichte offenbar ungleich tief einsinken. Aus unserer Tafel, S. 13, wissen wir bereits, daß die Dichten von Weingeist, Wasser und Schwefelsäure sich verhalten wie die Zahlen 0,79 : 1 : 1,84. Bringt man die Röhre in Wasser und sie sinke z. B. bis zu dem Punkte *x* ein, so wiegt das verdrängte Wasser so viel als das ganze Instrument; in Weingeist gebracht muß es von diesem mehr verdrängen, da er leichter ist, folglich wird es tiefer einsinken. Dagegen wird es in Schwefelsäure weit weniger tief einsinken, denn diese hat beinahe die zweifache Dichte des Wassers.

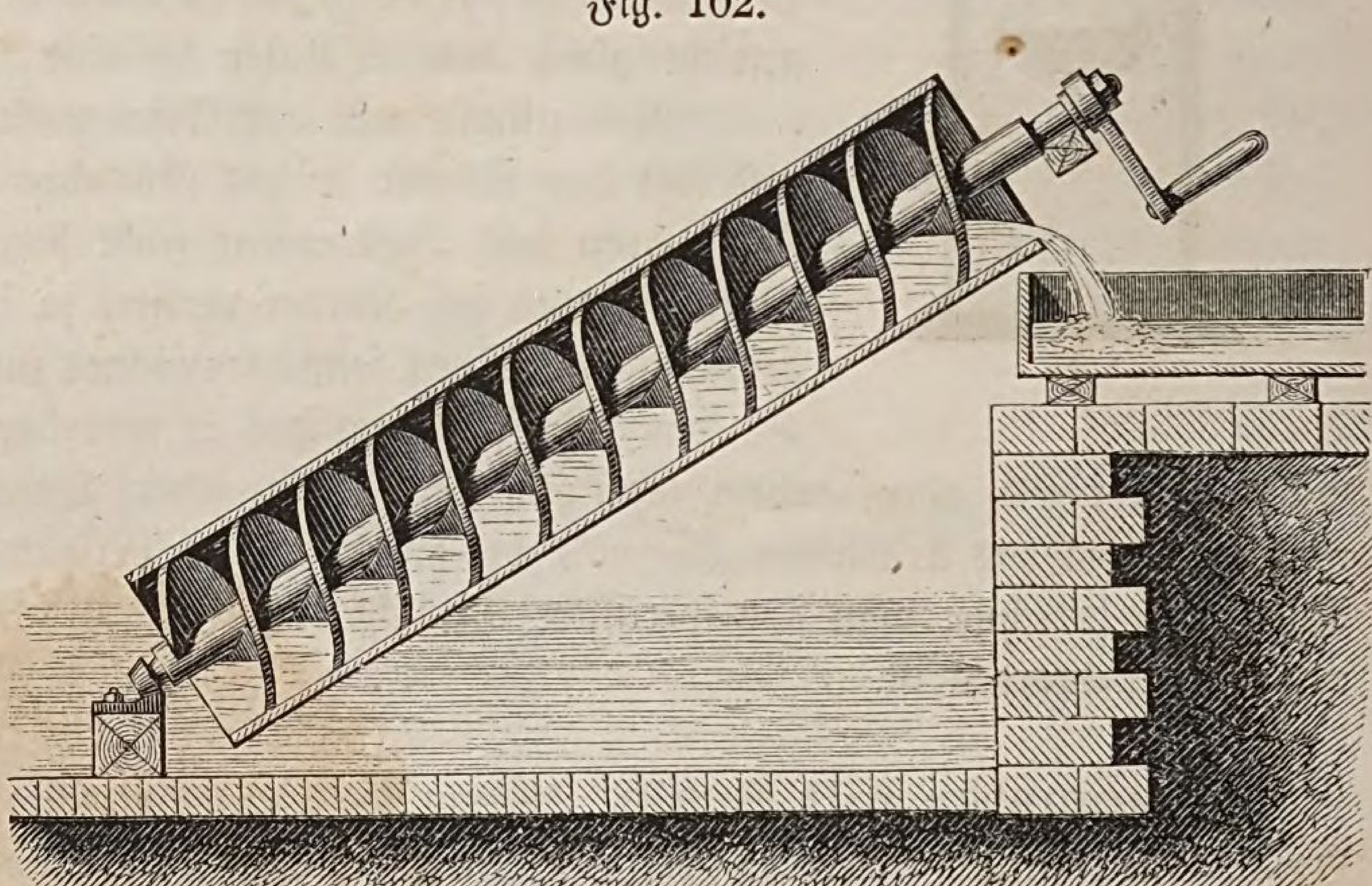
Indem man nun solche Röhren nach und nach in Flüssigkeiten von bekannten specifischen Gewichten bringt und die Senkpunkte markirt, erhält man eine Scala, welche dieses Aräometer zum bequemsten Instrumente macht, um schnell die Dichten verschiedener Flüssigkeiten mit einander zu vergleichen. Sie haben daher in der Technik unter dem Namen von Weingeist- oder Branntweinwage, Mostwage, der Laugen-, Salz- oder Säurewage eine ausgedehnte Anwendung gefunden. Zu bemerken ist jedoch, daß an den Scalen der Aräometer häufig nicht die specifischen Gewichte, sondern die denselben entsprechenden Procentgehalte oder Grade der betreffenden Flüssigkeiten verzeichnet sind.

Fig. 101.



Wenn Flüssigkeiten aus Oeffnungen, die sich im Boden oder in der Seitenwand von Gefäßen befinden, bei gleichbleibender Druckhöhe ausfließen, so ist ihre Ausflußgeschwindigkeit gerade so groß wie die Geschwindigkeit, welche ein frei fallender Körper erlangen würde, der vom Spiegel der Flüssigkeit bis zur Ausflußöffnung herabfällt; die Ausflußgeschwindigkeit hängt daher nur von der Tiefe der Oeffnung unter dem Spiegel und nicht von der Natur der Flüssigkeit ab, so daß also bei gleichen Druckhöhen Wasser und Quecksilber gleich schnell ausfließen. Es verhalten sich die Aus-

Fig. 102.



flußgeschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen. Wären die letzteren z. B. 100 oder 16, so verhalten sich die entsprechenden Geschwindigkeiten wie 10 zu 4.

Die Menge des ausfließenden Wassers ist außer der Druckhöhe jedoch noch abhängig von der Größe und Form der Ausflußöffnung, und als ganz eigenthümliche Erscheinung ist zu bemerken, daß ein aus der Oeffnung einer dünnen Wand ausfließender Strahl beim Austritte eine merkliche, etwa ein Drittel betragende Zusammenziehung erleidet, so daß in der That die Ausflußmenge hierdurch vermindert wird. Durch Ansatzrohre von cylindrischer oder conischer

Form läßt sich dagegen die Ausflußmenge vermehren. Der aus Seitenöffnungen fließende Strahl bildet eine krumme Linie, deren Form sich aus der Druckhöhe und dem Fallgesetze berechnen läßt und sich als eine Parabel ergiebt.

Wasser, das in Röhren fortgeleitet wird, erleidet durch die Reibung an den Wänden, namentlich bei vorhandenen Krümmungen, eine wesentliche Verminderung seiner Geschwindigkeit. Allein auch das frei in Canälen und Flußbetten strömende Wasser ist dieser Verzögerung unterworfen; die Geschwindigkeit eines Stromes ist deshalb größer bei hohem als bei niederm Wasserstande. Der Stoß des fließenden Wassers wird bekanntlich als bewegende Kraft vielfach angewendet, wie bei den Wasserrädern und Turbinen. Eine der einfachsten Maschinen, welche dazu dienen, Wasser in die Höhe zu fördern, ist die Wasserschraube oder Schnecke des Archimedes, deren Wirkung durch den Apparat Fig. 102 veranschaulicht wird. Das eine Ende der Schraube taucht unter Wasser, das bei der Umdrehung ihrer Achse von einem Schraubengang in den andern gedrängt, dadurch gehoben wird und endlich oben zum Ausfluß gelangt.

C. Gleichgewicht und Bewegung der luftförmigen Körper.

Wir haben in dem §. 23 die Eigenschaften nachgewiesen, welche die luftför- 94
migen Körper oder Gase so auffallend von den flüssigen und festen Körpern unterscheiden. Bei näherer Betrachtung derselben werden wir in der Regel die Luft, die uns umgiebt, als Beispiel nehmen, da Alles, was in Beziehung auf allgemeine Eigenschaften an derselben sich darstellt, auch für die anderen Gasarten gültig ist.

Die Theilchen der Luft sind durch die Wärme in einer solchen Entfernung gehalten, daß ihre gegenseitige Anziehung gänzlich aufgehoben erscheint. Denken wir uns daher in einem bestimmten Raume, Fig. 103, die vier Theilchen *a*, so haben diese keineswegs das Bestreben, sich in der Richtung der Pfeile einander zu nähern, bis sie sich berühren. Dieselben zeigen vielmehr das Bestreben, sich immer weiter von einander zu entfernen, wie die Pfeile bei Fig. 104 andeuten. Man bestimmt daher die Gase als Körper, deren Theilchen das Bestreben haben, sich immer weiter von einander zu entfernen, und schreibt dieses einer eigenthümlichen, zwischen ihren Theilchen wirkenden gegenseitigen Abstoßungskraft (Repulsion) zu.

Fig. 103.

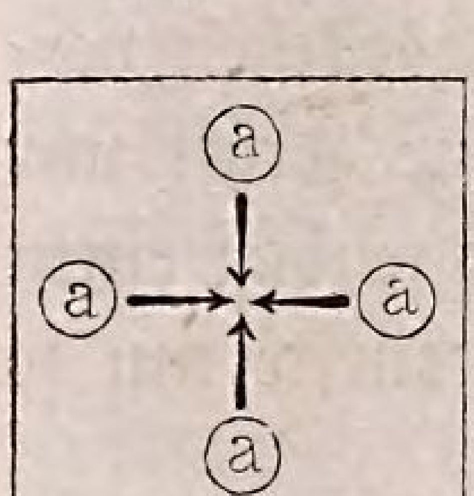
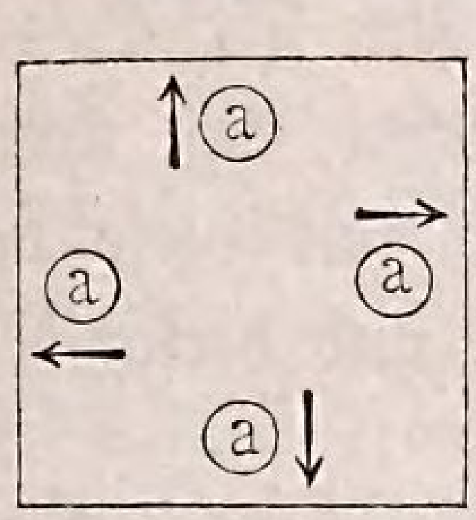


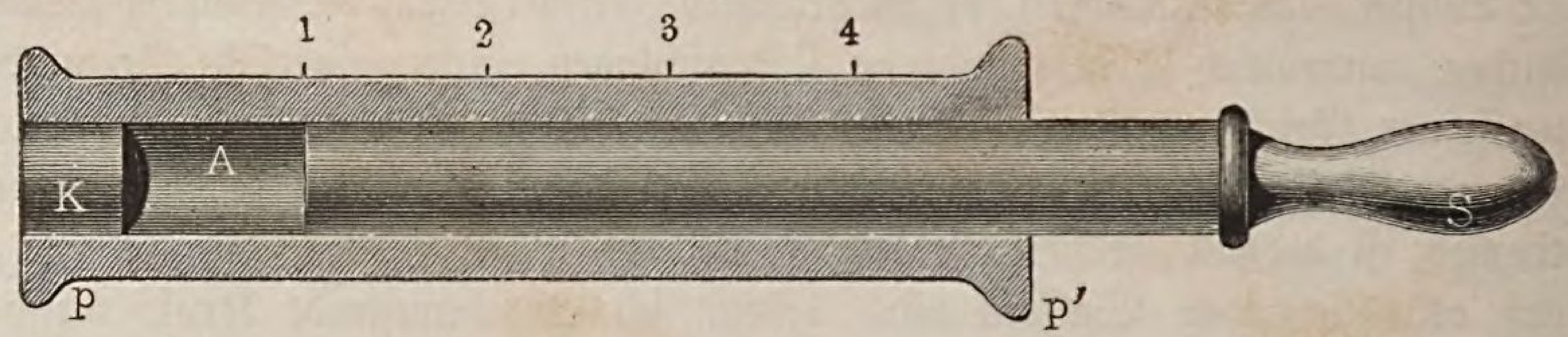
Fig. 104.



Dieses Ausdehnungsvermögen der Gase, welches man mit den Namen der 95
Spannkraft, Elasticität oder Tension bezeichnet, ist die wesentliche Grundeigenschaft derselben, aus der wir die wichtigsten Folgerungen ableiten. Wir bedienen uns zur Erläuterung derselben einer sehr einfachen Vorrichtung, in welcher man sogleich ein Spielzeug der Knaben erkennen wird. In die Röhre pp', Fig. 105 (a. f. S.) führen wir den dicht passenden Stempel S so weit ein, daß noch der Raum A übrig bleibt, den wir alsdann durch Einfügung des Korkes K abschließen. Dieser Raum A enthält nun eine gewisse Anzahl von Lufttheilchen,

z. B. 16, die sich gegenseitig abstoßen, die sich von einander zu entfernen bestreben, die folglich auf die sie umgebenden Wände einen Druck ausüben, ent-

Fig. 105.



sprechend ihrer Anzahl. Die innere Oberfläche des Raumes *A* wird also einen Druck gleich 16 erleiden.

Indem ich den Stempel bis 2 zurückziehe, entsteht ein Raum, der offenbar noch einmal so groß ist als *A*. Die sich abstoßenden Lufttheilchen werden sogleich diesen ganzen Raum erfüllen und sich gleichmäßig darin vertheilen. Denken wir uns jetzt bei 1 eine Wand eingeschaltet, welche den ursprünglichen Raum *A* abschlösse, so würden wir in demselben nur halb so viel Lufttheilchen haben als vorher, ihr Gesammtdruck auf die Wände von *A* kann daher auch nur halb so groß, gleich 8 sein. Bei weiterm Zurückziehen des Stempels, etwa bis 4, würde der Raum viermal größer; gleichzeitig aber vertheilt sich die Anzahl der Lufttheilchen so, daß in dem ursprünglichen Raume *A* deren nur noch 4 vorhanden sind, folglich der Druck nur noch $^1/_4$ so groß ist als im Anfange.

Würden wir umgekehrt den Stempel weiter vorschieben, also den Raum *A* verkleinern, so werden die Lufttheilchen mehr und mehr zusammenrücken. Wenn z. B. der Raum nur noch den vierten Theil von *A* beträgt, dann erstreckt sich der Druck der eingeschlossenen Lufttheilchen auf eine viermal kleinere Oberfläche und ist daher viermal stärker. Denken wir uns, es drücken vier Männer in gleichen Abständen auf eine Wand, die jedoch dem Drucke zu widerstehen vermag; lasse ich jetzt diese Männer so zusammenrücken, daß ihre ganze Kraft nur auf den vierten Theil der Wand sich erstreckt, so hat diese doch offenbar einen viermal größern Druck auszuhalten, als vorher, und dieser Theil dürfte um so eher durchbrochen werden.

In der That, wir wissen ja längst, daß der Pfropf *K* endlich dem vermehrten Drucke nicht mehr zu widerstehen vermag, daß er beim Einführen des Stempels mit lautem Knall hinausgetrieben wird.

96 Wir hatten also in dem vorhergehenden Beispiele ein und dieselbe Luftmenge in verschiedenen Zuständen der Ausdehnung und Spannkraft. Aufs Klarste sahen wir mit der wachsenden Ausdehnung derselben Luftmenge ihre Spannkraft abnehmen, während sie auf einen kleinern Raum zusammengepreßt an Spannkraft gewinnt.

Das von Mariotte hierfür aufgefundene Gesetz lautet:

„Die Spannkraft eines Gases verhält sich umgekehrt wie der Raum, den es einnimmt.“

Für ein und dieselbe Menge Luft ist daher:

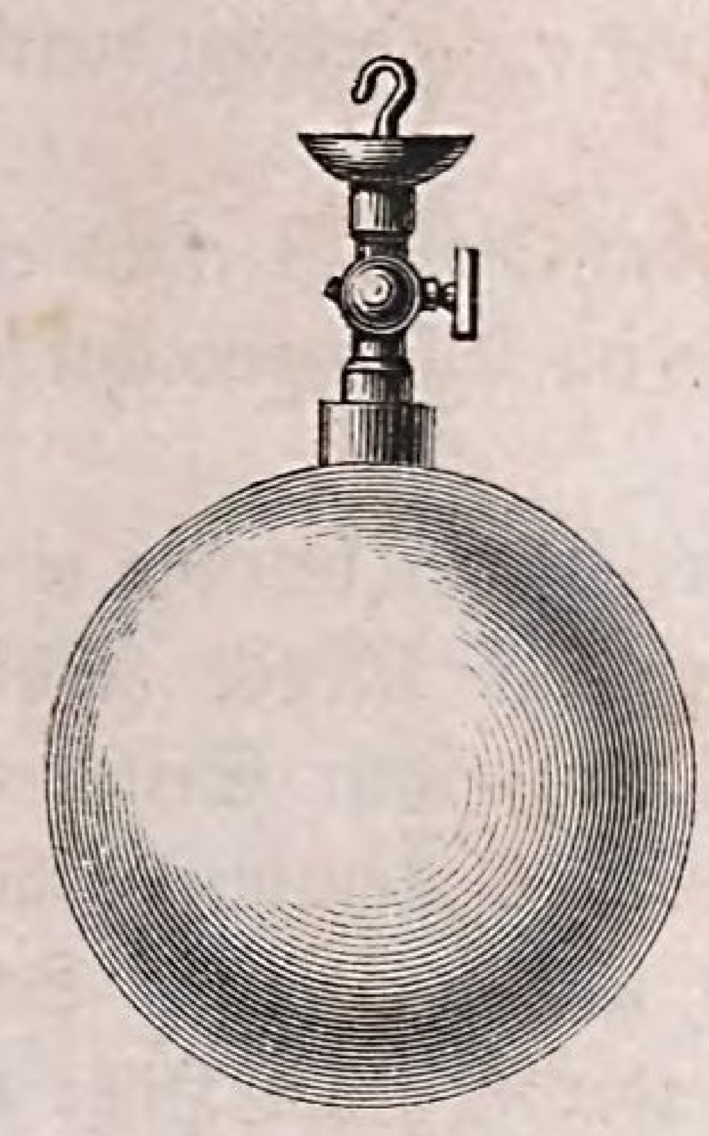
bei einem Raume von	1	$^1/_2$	$^1/_3$	$^1/_4$	$^1/_5$	$^1/_6$	...	$^1/_{100}$	$^1/n$
die Spannkraft gleich	1	2	3	4	5	6	...	100	n

Pressen wir folglich Luft in einer geeigneten Vorrichtung auf einen kleinen Raum zusammen, so wird ihre Spannkraft dadurch so gesteigert, daß sie zu sehr gewaltigen Wirkungen verwendet werden kann, wie wir an der **Windbüchse** sehen.

Wegen des Bestrebens ihrer Theilchen, sich stets weiter von einander zu 97
entfernen, würde die Luft sich in den unendlichen Weltraum zerstreuen, wenn nicht die Anziehung der Erde entgegenwirkte. Die Erde ist daher von der Luft gleichsam wie mit einer Hülle umgeben, welche man die **Atmosphäre** nennt und deren Höhe ungefähr 10 bis 12 geographische Meilen beträgt.

Eine weitere Folge der Anziehung ist, daß die Luft auf jede Unterlage einen Druck ausübt. Diesen Druck können wir messen oder, mit anderen Worten, das Gewicht der Luft kann bestimmt werden. Man nimmt hierzu eine große hohle Glaskugel, Fig. 106, und wiegt sie, mit Luft angefüllt, höchst genau. Man entfernt alsdann die Luft durch die Luftpumpe aus der Kugel und wiegt letztere abermals. Das, was die Kugel jetzt weniger wiegt, ist das Gewicht der darin enthalten gewesenen Luft. Auf diese Weise hat man gefunden, daß die Dichte der Luft 770mal geringer ist als die des Wassers. Gesetzt, in jener Kugel wäre genau 1 Gramm Luft enthalten gewesen, so würde sie, mit Wasser angefüllt, genau 770 Gramm desselben aufnehmen. Folglich wiegen 770 Kb^cm.^ Luft so viel als 1 Kb^cm.^ Wasser.

Fig. 106.

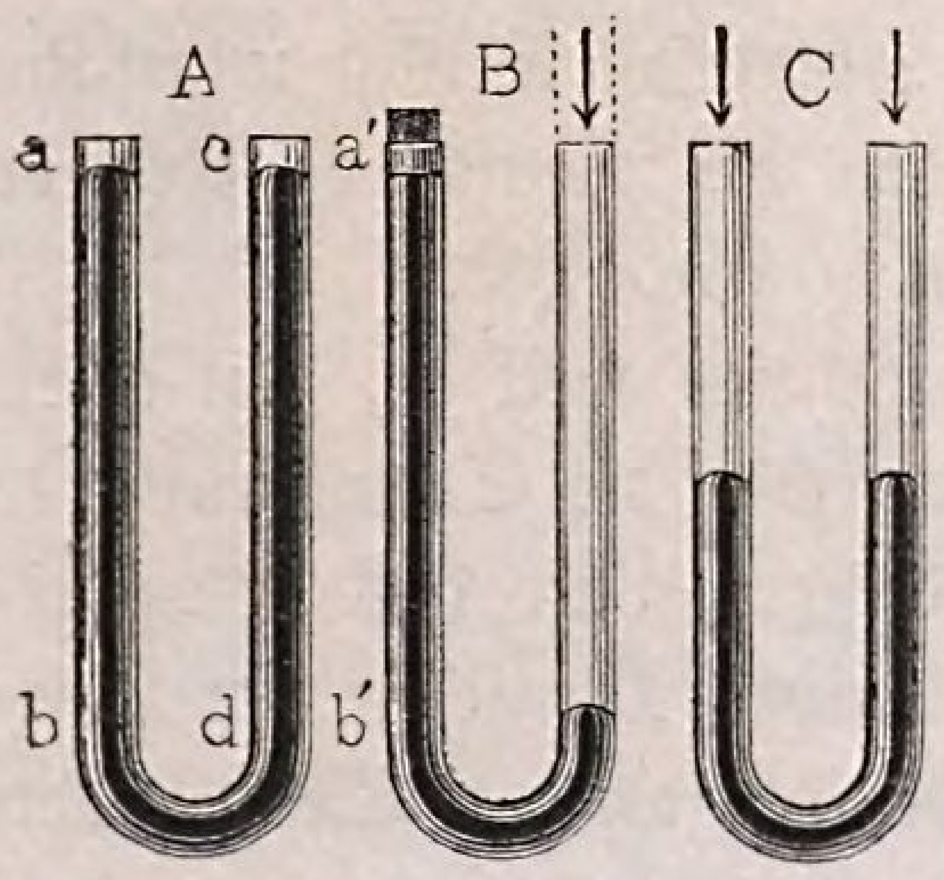


Außer der Luft unserer Atmosphäre kennt man noch mehrere Gase, welche 98
jedoch nicht dieselbe Dichte besitzen als jene. So z. B. ist das **Wasserstoffgas** 14mal weniger dicht; das Leuchtgas $^1/_2$mal so dicht; das **Chlorgas** dagegen ist $2^1/_2$mal und das kohlensaure Gas $1^1/_2$mal dichter als die Luft.

Die Anwendung der weniger dichten Gase zur **Luftschifffahrt** wird später näher erörtert werden.

Aber auch ohne die Luft mit einer Wage zu wiegen läßt sich der von ihr 99
ausgeübte Druck nachweisen und bestimmen. In der zweischenkeligen Glasröhre *A*, Fig. 107, befindet sich Quecksilber. Nach §. 85 stehen die Oberflächen desselben in beiden Schenkeln gleich hoch, woraus hervorgeht, daß die Quecksilbersäule *ab* der Säule *cd* vollkommen das Gleichgewicht hält.

Fig. 107.



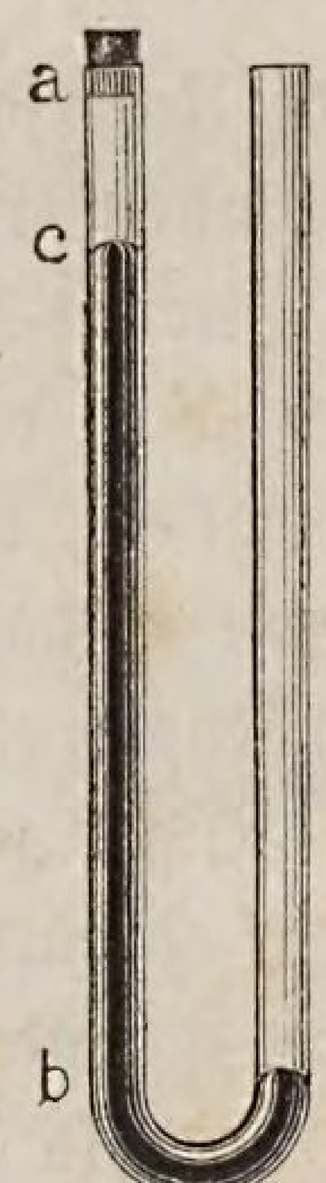
Die Oeffnung *a* wird jetzt mit einem Korke luftdicht verschlossen und die Hälfte des Quecksilbers aus der Glasröhre entfernt. Auffallenderweise stellt sich das Metall jetzt in beiden Schenkeln nicht gleich hoch, sondern dasselbe bleibt in dem einen Schenkel, wie Fig. 107 *B* zeigt, stehen. Was

hält nun dieser Quecksilbersäule $a'b'$ das Gleichgewicht? Nichts anders, als die in dem andern Schenkel drückende Luftsäule, die wir uns außerhalb der Glasröhre bis zur Gränze der Atmosphäre fortgesetzt denken müssen.

Entfernt man den Kork an der Oeffnung a', so fällt augenblicklich das Quecksilber und stellt sich, wie Fig. 107 *C*, in beiden Schenkeln gleich hoch. Warum? Weil jetzt die Luft gleich stark auf beide Oeffnungen drückt und so das Gleichgewicht herstellt.

100 Dieser Versuch wird jedoch etwas anders ausfallen, wenn wir hierzu eine Glasröhre von beträchtlicher Länge nehmen, so daß jeder Schenkel etwa die Höhe von ein Meter hat. Verfährt man nun, wie oben, so wird man finden, daß in dem verschlossenen Schenkel das Quecksilber nicht mehr vollständig stehen bleibt, sondern wie bei Fig. 108 zu einem gewissen Punkt *c* herunterfällt. Mißt man die Höhe der stehend bleibenden Quecksilbersäule von *b* bis *c*, so beträgt dieselbe 76 Centimeter oder 28 pariser Zoll.

Fig. 108.



101 Hieraus ersehen wir aufs Klarste, daß die Luft nicht eine jede Quecksilbersäule von beliebiger Höhe im Gleichgewichte erhalten kann.

Gesetzt nun, der Querschnitt unserer Röhre betrage einen Quadratcentimeter, so haben wir folgende drückende Kräfte, die sich im Gleichgewichte halten: Auf der einen Seite eine Quecksilbersäule, die einen □cm. weit und 76 Centimeter hoch ist, also aus 76 Kbcm. Quecksilber besteht, auf der andern Seite eine Luftsäule, ebenfalls von der der Weite eines □cm. aber von der Höhe der Atmosphäre.

Eine solche Quecksilbersäule wiegt aber 1033 Gramm oder 2,06 Pfund; folglich wiegt eine Luftsäule, deren Querschnitt ein □cm. und deren Höhe die der Atmosphäre ist, ebenfalls 2,06 Pfund. Da nun die Luft unsere Erde und jeden auf derselben befindlichen Körper umgiebt, und der Luftdruck ebenso wie der des Wassers (§. 87) sich nach allen Seiten hin fortpflanzt, so hat ein jeder Quadratcentimeter, Fig. 109, der Oberfläche eines in der Luft befindlichen Körpers fortwährend einen Druck von 2,06 Pfd. auszuhalten.

Fig. 109.



Beträgt z. B. die Oberfläche einer Tischplatte 1 Quadratmeter = 10 000 Quadratcm., so hat diese Platte einen Luftdruck von $10\,000 \times 2{,}06 = 20\,600$ Pfund auszuhalten.

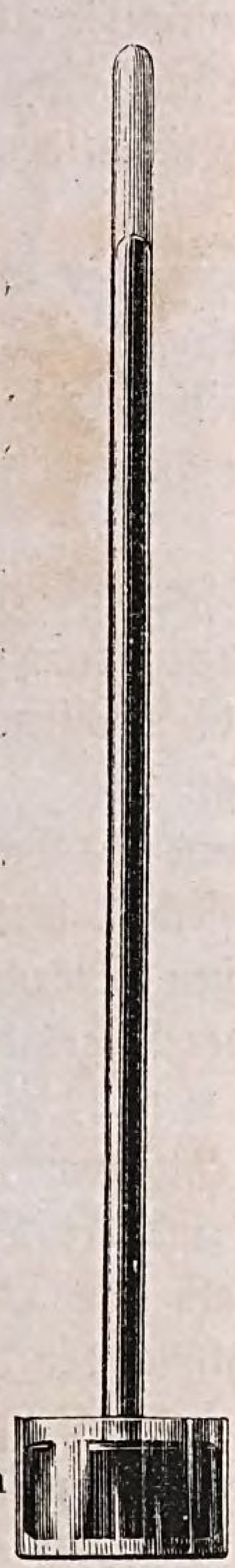
Die Oberfläche des Körpers eines erwachsenen Menschen beträgt ungefähr ein Quadratmeter. Folglich beträgt der Luftdruck, den der menschliche Körper jederzeit auszuhalten hat, das ungeheure Gewicht von 20 000 Pfd.

Wir empfinden jedoch diesen Druck nicht, einestheils weil er, von allen Seiten wirkend, sich gegenseitig aufhebt, anderntheils weil die Spannkraft der im Innern unseres Körpers befindlichen Luft der äußern Luft das Gleichgewicht hält. Könnten wir plötzlich auf der einen Seite eines Menschen den Luftdruck gänzlich hinwegnehmen, so würde derselbe von der andern Seite einen

Stoß von 10 000 Pfunden erleiden, einen Druck, welchem zu widerstehen keines Menschen Kraft ausreicht.

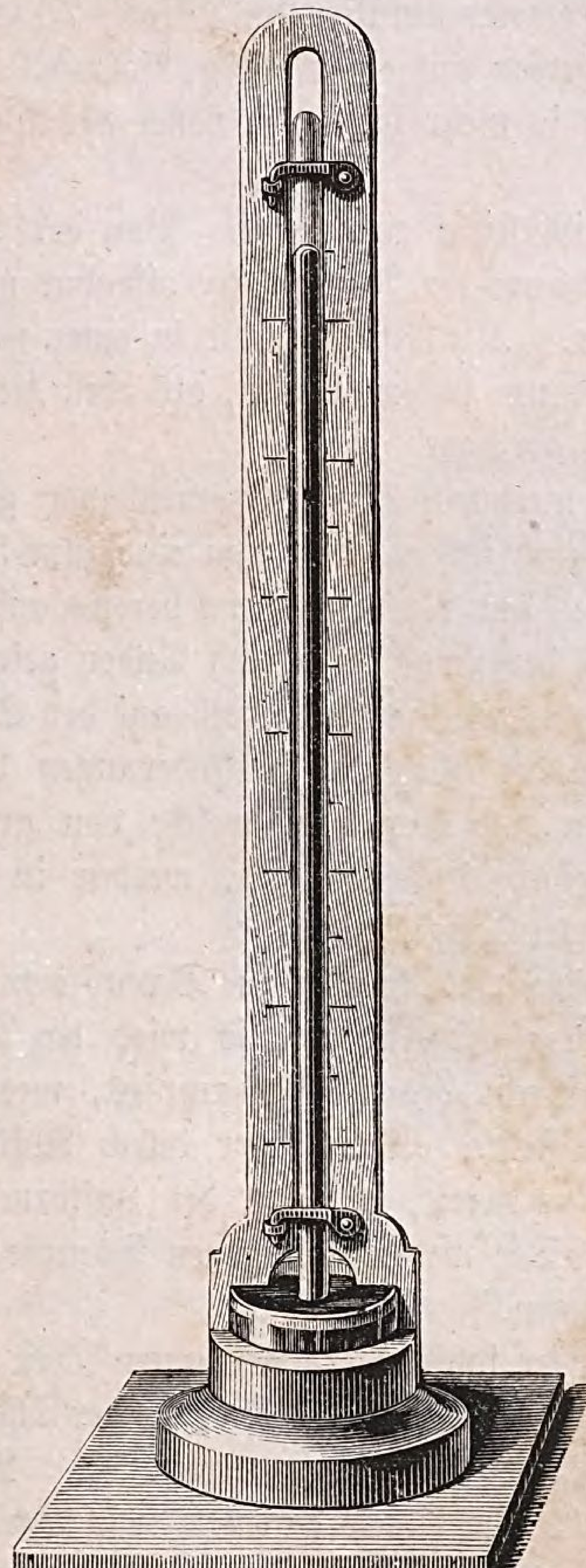
Das einfachste Instrument zur Messung des Luftdrucks ist das Baro- 102
meter, Fig. 110 und 111. Dasselbe besteht aus einer fünf Millimeter weiten und etwa ein Meter langen Glasröhre, die an einem Ende zugeschmolzen ist. Sie wird mit Quecksilber ganz angefüllt, die Oeffnung mit einem Finger verschlossen, und dann, nachdem sie, wie Fig. 110, unter Quecksilber getaucht ist, wieder geöffnet. Das Quecksilber in der Röhre fällt bis zu einem gewissen Punkte herunter, der 76 Centimeter oder 28 par. Zoll über dem Spiegel des Quecksilbers in dem Gefäße *nn* liegt. Man nennt diese Entfernung die Barometerhöhe. Offenbar wird auch hier der Quecksilbersäule durch den auf die Oberfläche des Quecksilberspiegels wirkenden Luftdruck das Gleichgewicht gehalten.

Fig. 110.



n n

Fig. 111.



Es entsteht jedoch die Frage, was befindet sich über dem Quecksilber der Barometerröhre? Nichts anderes, als ein vollkommen leerer Raum, welchen man nach dem Entdecker dieses Versuches Toricelli's Leere nennt.

Zu einem guten Barometer dürfen nicht allzu enge, sondern wenigstens fünf Millimeter weite Glasröhren genommen werden, Glas und Quecksilber müssen von vorzüglicher Reinheit sein, und der leere Raum desselben darf durchaus keine Luft enthalten, weil diese ja sonst vermöge ihrer Spannkraft einen Theil des Druckes der Atmosphäre aufheben würde. Um die Luft vollständig zu entfernen, wird das Quecksilber beim Füllen in der Röhre eine Zeitlang erhitzt oder gekocht.

103 Die Beobachtung zeigt, daß das Quecksilber in einem und demselben Barometer nicht zu allen Zeiten und an allen Orten gleich hoch steht, woraus folgt, daß der Druck der Atmosphäre nicht immer und allerwärts derselbe ist. Man nennt diese Veränderungen des Barometerstandes das Steigen und Fallen desselben.

Wenn z. B. ein Barometer am Ufer des Meeres 76 Centimeter zeigte, und wir erheben uns mit demselben auf einen Berg, so wird es nun nicht mehr so hoch stehen. Es wird um so mehr fallen, je höher der Ort ist, an dem wir es beobachten.

Die Ursache davon ist leicht einzusehen. Von der Spitze des Berges ist die Entfernung bis zur Gränze der Atmosphäre offenbar geringer, als von dem tiefer liegenden Meeresufer. Die Luftsäule, die in einer gewissen Höhe auf das Barometer drückt, ist daher um so viel kürzer, als eben diese Höhe beträgt, und deshalb ist auch ihr Druck geringer.

Das Barometer ist hierdurch ein Instrument von großer Wichtigkeit zur Bestimmung von Höhen, und indem man ihm eine zum Reisen geeignete Einrichtung gegeben hat, ist es den Naturforschern bereits auf die höchsten Spitzen der Alpen sowohl als auch der Cordilleren und Anden gefolgt.

104 Außer der Höhe eines Ortes wirken jedoch auf den Stand des Barometers noch andere Ursachen, die oft plötzliche Veränderungen desselben hervorrufen. Heftige Stürme, Erdbeben und Gewitter, welche von großen Störungen im Gleichgewichte der Atmosphäre begleitet sind, werden in der Regel durch ein starkes Fallen des Barometers angekündigt.

Ist in der Atmosphäre viel Wasser in Dampfform enthalten, was bei heiterm und warmem Wetter der Fall ist, so wird der Druck der Luft noch vermehrt durch die Spannkraft des Wasserdampfes, weshalb das Barometer während dieser Zeit hoch steht. Wenn aber durch Abkühlung der Luft diese Dämpfe ihre Spannkraft verlieren, so wird der Luftdruck dadurch verringert, und das Barometer fällt. Die niedergeschlagenen Dämpfe erscheinen alsbald in Form von Wolken und Regen.

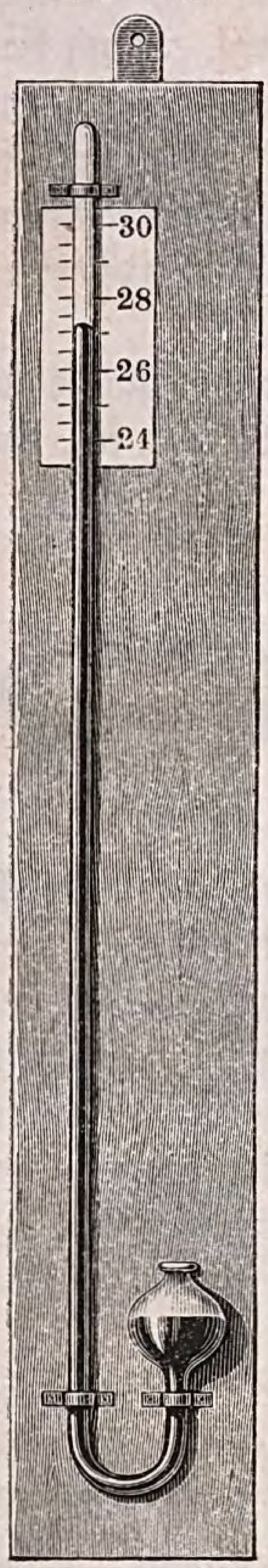
Da nun das Barometer solche Veränderungen schon viel früher erkennen läßt, als Wolken und Regen erscheinen, so ist es in der That ein wahrer Wetterprophet, und als solcher in vielen Häusern anzutreffen. Man giebt demselben gewöhnlich die in Fig. 112 abgebildete Form. Die Barometerhöhe wird hier vom Spiegel des Quecksilbers in dem birnfömig erweiterten Schenkel der Röhre an gerechnet.

105 Die Atmosphäre ist nicht in jeder Höhe gleich dicht. In der Nähe der Erdoberfläche ist sie am dichtesten, weil hier die unteren Luftschichten den Druck der oberen auszuhalten haben.

Auf sehr hohen Bergen bemerkt man die Abnahme der Dichte der Luft schon beträchtlich. Bringt man eine Flasche, die mit Luft gefüllt und mit einem Korke fest verschlossen ist, in eine außerordentliche Höhe, so wird der Kork herausgetrieben. Das Herz treibt das Blut mit einer gewissen Kraft in die höchst feinen und zarten Adern der äußeren Theile unsers Körpers, die jedoch bei ge-

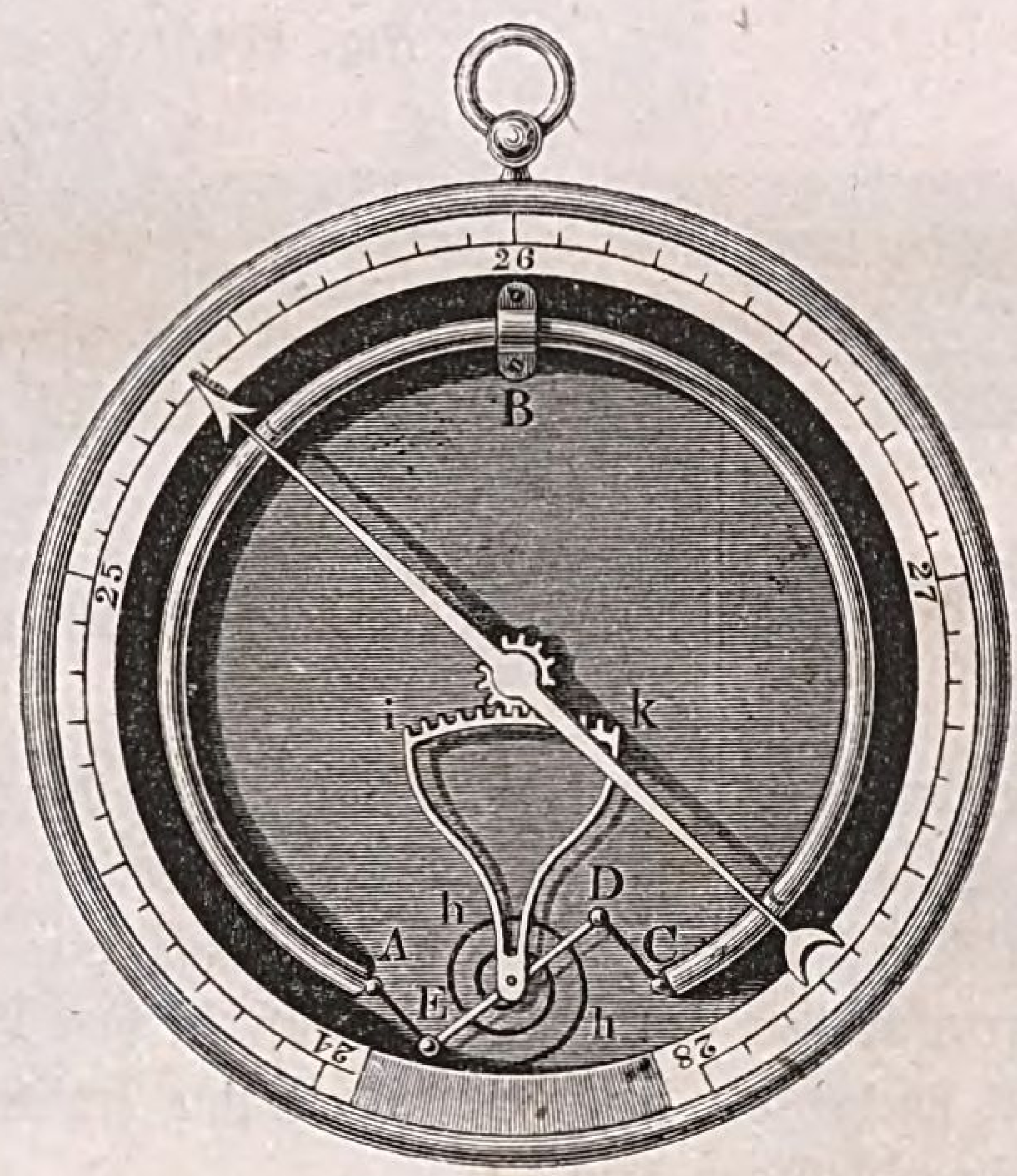
wöhnlichem Luftdrucke jene Kraft recht gut aushalten. In Höhen von 7000 bis 8000 Metern jedoch, wo der Luftdruck auf die Oberfläche des Körpers sehr verringert ist, zerspringen jene zarten Blutgefäße, und das Blut dringt aus denselben. Auch zum Athmen ist dort die Luft nicht mehr hinreichend dicht.

Fig. 112.



Das Quecksilberbarometer ist ein zerbrechliches, auf 106
Reisen keineswegs bequemes Instrument, und es verdient in dieser Hinsicht das Aneroïdbarometer von Bourdon den Vorzug, obwohl es an Genauigkeit jenem nachsteht. In einem Gehäuse, Fig. 113, befindet sich eine kreisför-

Fig. 113.



mig gebogene Röhre *ABC* von sehr dünnem Messingblech, welche luftleer gemacht und bei *B* befestigt worden ist. Nimmt der Luftdruck zu, so erfährt die erhabene Fläche der ringförmigen Röhre, weil sie eine größere Oberfläche hat als die innere, auch eine stärkere Zunahme des Drucks, wodurch der Ring etwas verengert wird, indem Anfang und Ende desselben, *A* und *C*, sich einander nähern. Hierdurch wird aber ein mit diesen Punkten in Verbindung stehendes Hebel- und Zeigerwerk in entsprechende Bewegung gesetzt. Die Eintheilung geschieht durch Vergleichung mit einem Quecksilberbarometer.

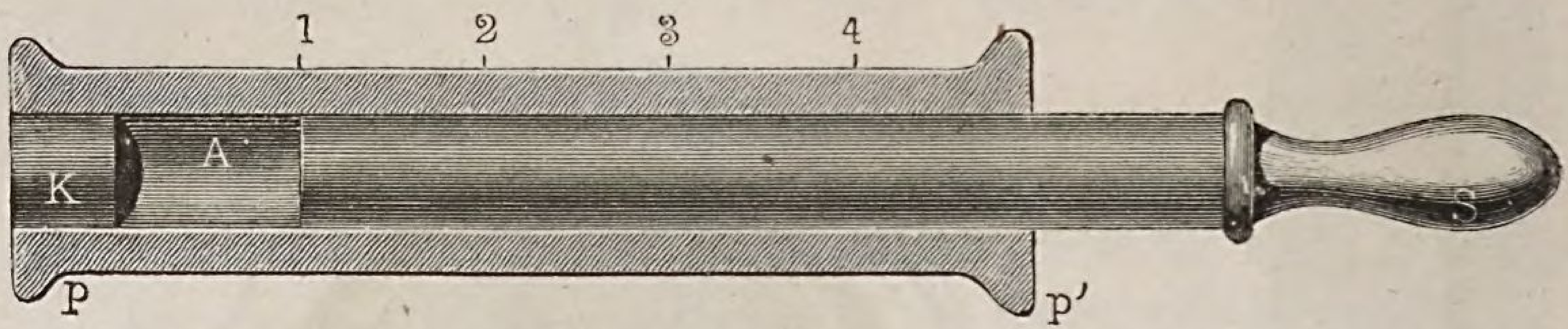
Wenn es sich darum handelt, den erhöhten Druck zu messen, welchen verdichtete Gase und Dämpfe ausüben, wie dies vorkommt bei Gebläsen, in Fabriken moussirender Getränke und bei Dampfkesseln, so bedient man sich besonderer Vorrichtungen, die Manometer genannt werden. Wird z. B. von einem ungleichschenkligen Rohr, das bis zur Höhe seines kürzern Schenkels mit Quecksilber gefüllt ist, der letztere mit dem innern Raum eines thätigen Dampfkessels in Verbindung gesetzt, so steigt in dem längern Schenkel das Quecksilber um so

höher, je größer die Spannung des Dampfes ist. Häufiger als derartige Hebermanometer werden jedoch die Metallmanometer angewendet, bei welchen der Druck der verdichteten Gase oder des Dampfes auf eine elastische Stahlplatte wirkt, die mit einem Zeigerwerk in Verbindung steht. Auch dem Aneroïdbarometer läßt sich eine für diesen Zweck geeignete Einrichtung geben.

107 Die Spannkraft oder das Ausdehnungsvermögen der Luft bietet uns ein Mittel, in abgeschlossenen Räumen die Luft so außerordentlich zu verdünnen, daß man sie als beinahe luftleer ansehen kann. Die Vorrichtungen hierzu heißen Luftpumpen.

Zur Erläuterung der Einrichtung der Luftpumpen kommen wir nochmals auf die einfache cylindrische Vorrichtung Fig. 114 zurück. Leicht sieht man ein, daß

Fig. 114.



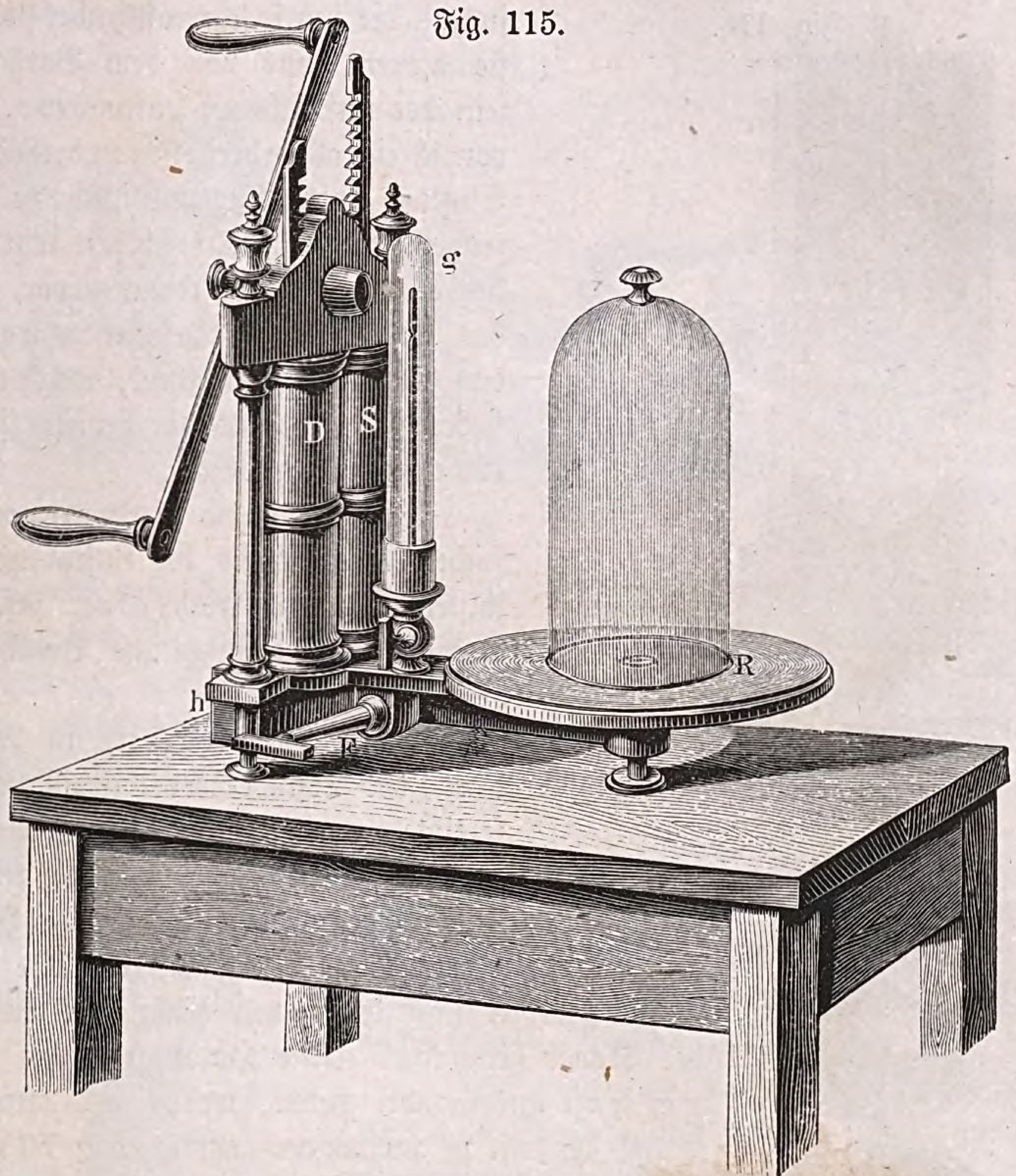
die in dem Raume A abgeschlossene Luft sich auf das Zwei-, Drei- und Vierfache ausdehnt, folglich eine entsprechende Verdünnung erleidet, sobald man den Stempel bis 2, 3 oder 4 auszieht. Denken wir uns irgend ein Behälter, das Luft enthält, durch einen Canal mit dem Raume A in Verbindung gesetzt, so wird beim Auszug des Stempels auch die Luft jenes Behälters sich ausdehnen und an der Verdünnung Theil nehmen. Es handelt sich nun darum, zu verhindern, daß beim Wiedereinschieben des Stempels Luft in das Behälter zurücktritt, wodurch dessen Inhalt wieder die ursprüngliche Dichte erhalten würde. Sehen wir, wie sich dieses bewerkstelligen läßt.

Fig. 115 zeigt uns die Aufstellung einer Luftpumpe. Wir erblicken eine Glasglocke, welche der Recipient genannt wird; ihr Rand war mit Talg bestrichen und luftdicht auf eine Scheibe R, den sogenannten Teller der Luftpumpe, aufgesetzt worden. Derselbe hat in der Mitte eine Oeffnung, so daß die Glocke durch einen Canal in Verbindung mit den beiden Cylindern D und S steht, in deren jedem abwechselnd durch das Stangenwerk ein Kolben auf- und abgeschoben und also die Verdünnung bewirkt werden kann. Hierzu ist jedoch die Mitwirkung eigenthümlich durchbohrter Hähne und von Ventilen nothwendig. Letzteres sind Vorrichtungen, welche von selbst sich öffnen, wenn der Luftdruck von der einen Seite auf dieselben wirkt, während sie sich schließen, wenn er von der entgegengesetzten Seite kommt. Man nennt daher die Luftpumpe je nach ihrer Einrichtung eine Hahnenluftpumpe oder eine Ventilluftpumpe.

In Fig. 116 (a. S. 84) sehen wir den Durchschnitt des Cylinders, oder wie derselbe auch genannt wird, des Stiefels einer Hahnenluftpumpe. Der Hahn g ist doppelt durchbohrt. Der Kolben ist im Begriff niederzugehen, und die unter demselben befindliche Luft wird durch den seitwärtsführenden Canal hinaus-

getrieben. Wird jetzt durch eine Viertelsumdrehung der Hahn so gestellt, daß die Oeffnung *h* ans untere Ende des Stiefels sich fügt, dann ist der seitliche

Fig. 115.



Ausweg verschlossen, dagegen die Verbindung mit dem Canal *l* hergestellt, welcher zur Glocke führt. Beim jetzt folgenden Aufgehen des Kolbens kann die Luft in den Stiefel eintreten, also Verdünnung in der Glocke stattfinden; bevor nun der Kolben wieder abwärts geht, giebt man dem Hahn seine frühere Stellung, so daß die Luft abermals seitwärts in die Atmosphäre ihren Ausweg nimmt. Durch Wiederholung dieses Spieles sucht man eine möglichst weitgehende Verdünnung herbeizuführen. Der Grad derselben läßt sich erkennen an der sogenannten Barometerprobe *g*, Fig. 115, welche mit dem Canal in Verbindung steht.

Je nach dem Zwecke trifft man Luftpumpen von sehr verschiedener Einrichtung. Man findet sie in wechselnder Größe, mit einem oder mit zwei Stiefeln, mit Hahnen oder mit Ventilen, mit Cylindern von Messing oder von Glas. Die in Fig. 115 abgebildete Maschine ist eine zweistieflige Ventilluftpumpe. Immerhin muß eine Luftpumpe auf das Sorgfältigste gearbeitet sein und mit Vorsicht und Sachkenntniß behandelt werden. Sie ist alsdann aber

auch eins der wichtigsten physikalischen Instrumente, mit welchem eine ganze Reihe der lehrreichsten und interessantesten Versuche sich anstellen läßt, von Versuchen, die um so überraschender sind, als sie dienen, uns von dem Vorhandensein der unsichtbaren Luftmaterie, sowie von ihrem allverbreiteten und mächtigen Einfluß aufs Augenfälligste zu überzeugen. Als ungeahnte Kraft tritt plötzlich der gewaltige Luftdruck hervor, sobald das Spiel des Instruments irgendwo das Gleichgewicht aufhebt, welches denselben für gewöhnlich in geheimnißvoller Unbemerkbarkeit erhält.

Fig. 116.

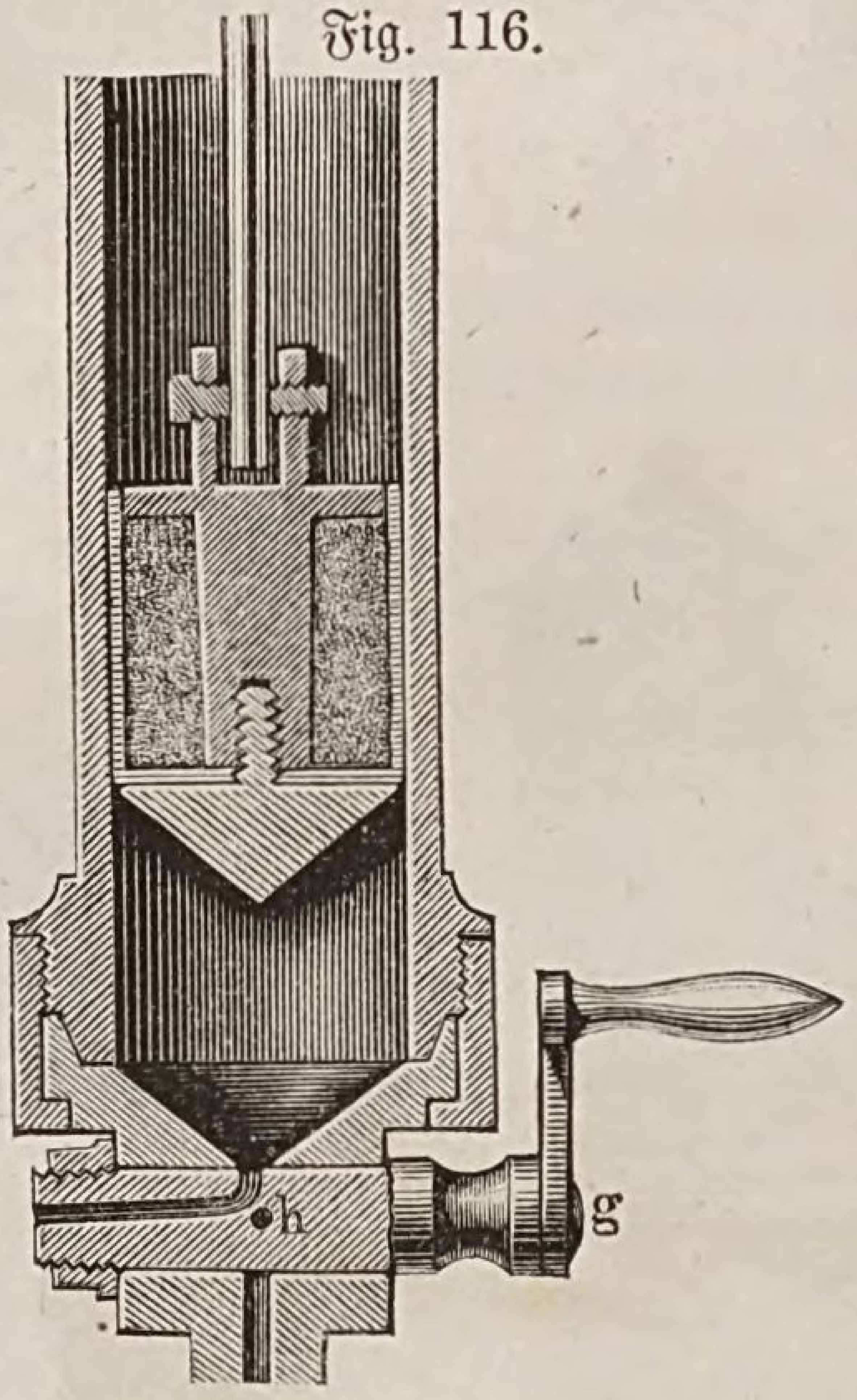


Fig. 117.



108 Von den vielen merkwürdigen Versuchen, die mittels der Luftpumpe sich anstellen lassen, werde einer besonders erwähnt, der geschichtliche Berühmtheit erlangt hat.

Otto von Guerike in Magdeburg, der Erfinder der Luftpumpe, verfertigte zwei hohle Halbkugeln von Kupfer, deren Ränder genau auf einander paßten, Fig. 117. Die Ränder wurden mit etwas Talg bestrichen, luftdicht aneinander gedrückt und durch den Hahn die Luft aus der Kugel gepumpt. Jene Halbkugeln, die vorher von selbst auseinander fielen, waren jetzt durch den Druck der Luft so aneinander gepreßt, daß 16 Pferde, an die auf beiden Seiten befindlichen Ringe gespannt, nicht im Stande waren, dieselben von einander zu reißen.

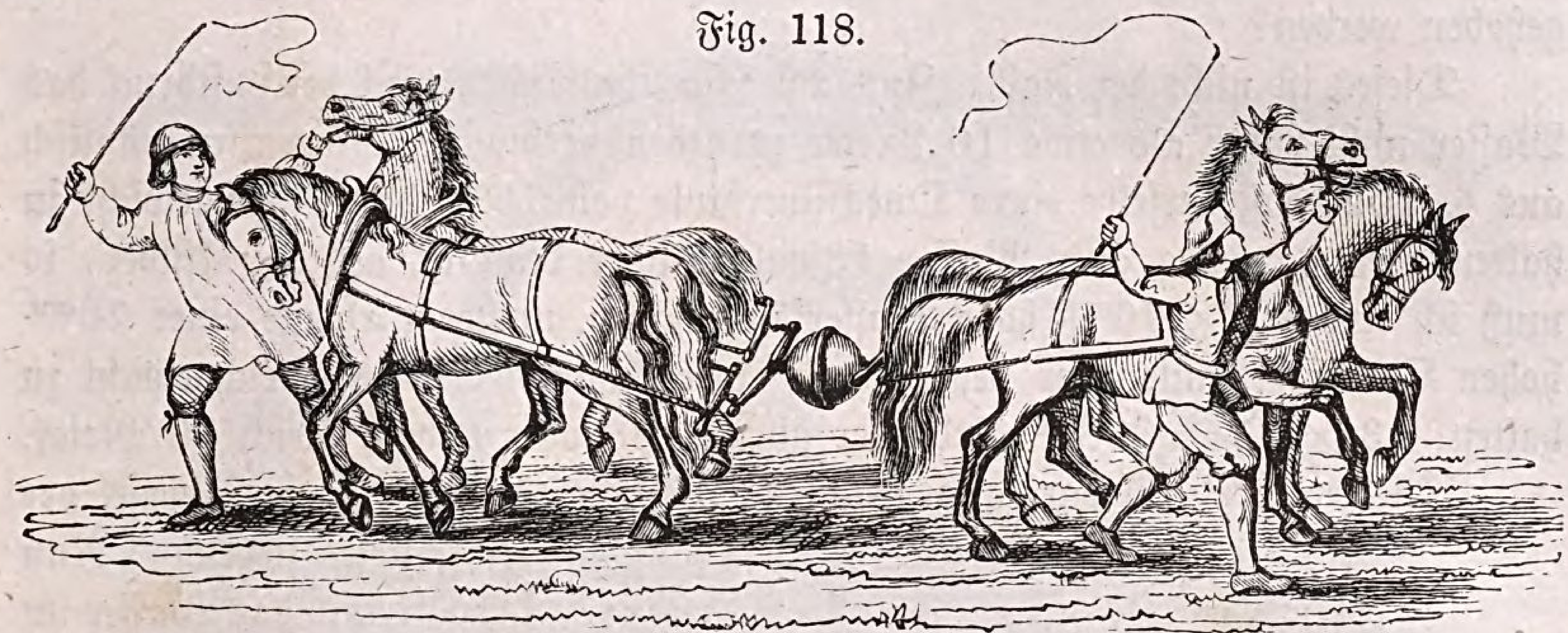
Dieser schöne Versuch wurde im Jahre 1650 auf dem Reichstage zu Regensburg vor Kaiser Ferdinand III. und vielen Fürsten und Herren zu größter Verwunderung aller Zuschauer ausgeführt.

Mit Hülfe der Luftpumpe läßt sich ferner nachweisen: das Gewicht der Luft; der Luftdruck sowohl in Beziehung auf das Barometer, als auch dadurch, daß man Glastafeln oder Blasen durch denselben zersprengt; ferner, daß im leeren Raume alle Körper gleich schnell fallen, daß Thiere darin nicht leben können, daß brennende Körper darin erlöschen und der Schall nicht fortgeleitet wird; endlich daß Flüssigkeiten um so rascher verdunsten und bei um so niederer Temperatur sieden, je geringer der auf denselben lastende Luftdruck ist.

109 Auf dem Druck der Luft und auf der Erzeugung eines luftverdünnten

Raumes beruhen viele Erscheinungen, wie namentlich die des Athmens, des Saugens und mehrere wichtige Vorrichtungen, nämlich die Saugpumpe und die Feuerspritze.

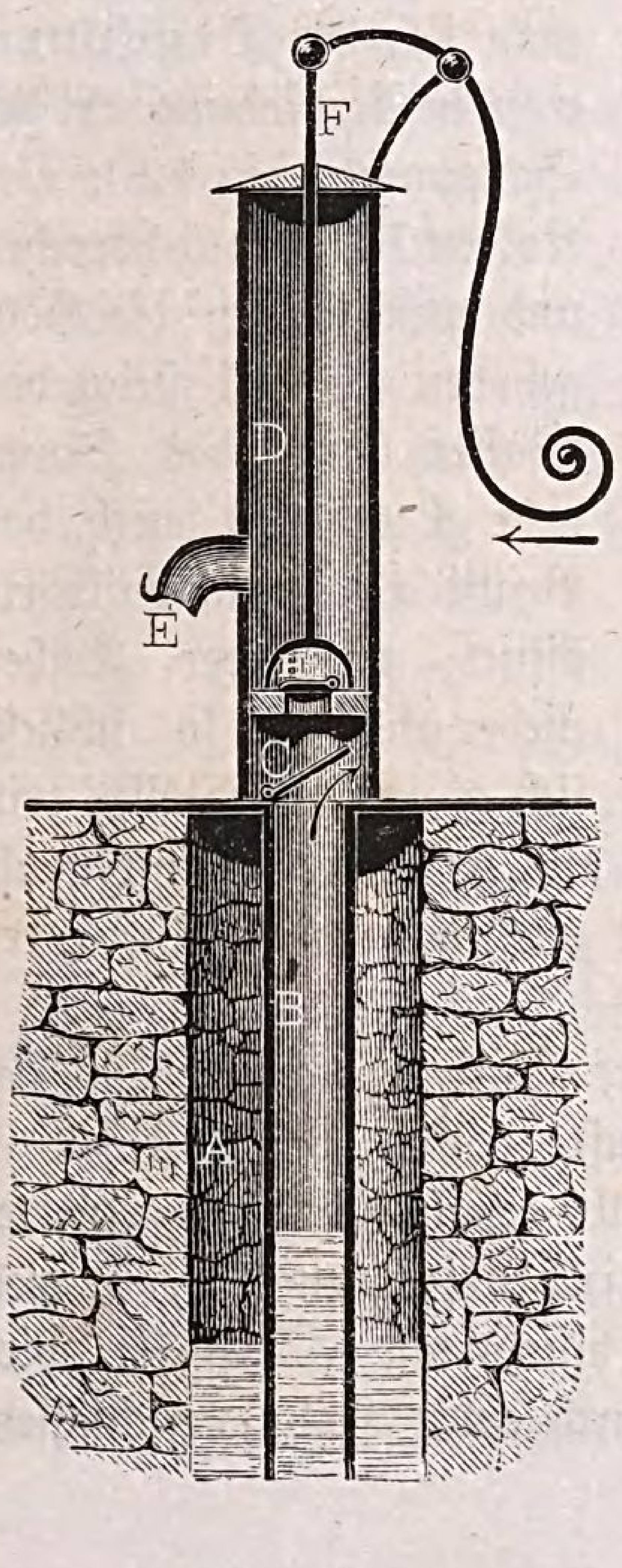
Fig. 118.



Indem wir mittels besonderer Muskel den Raum unserer Brusthöhle erweitern, wird die in derselben befindliche Luft verdünnt, und in Folge dessen tritt aus der Atmosphäre Luft in die Brust, d. h. es findet Einathmung Statt. Wird dagegen durch das Zusammenziehen der Brustwände die in der Brusthöhle befindliche Luft zusammengepreßt, so tritt sie aus derselben, was wir das Ausathmen nennen.

Es werde das Ende einer Glasröhre, Pfeifenröhre oder eines Strohhalms 110

Fig. 119.



unter Wasser getaucht und durch Saugen am andern Ende die Luft in denselben verdünnt, so wird durch den Luftdruck von Außen das Wasser in diese Röhren hinaufsteigen.

Uebertragen wir das Geschäft des Saugens nicht dem Munde, sondern einer andern geeigneten Vorrichtung, so haben wir die Pumpe. Dieselbe besteht aus einem Wasserbehälter *A*, Fig. 119, gewöhnlich einer in der Erde befindlichen Cysterne; in diese reicht das Saugrohr *B*, welches oben durch das Ventil *C* verschließbar ist. Ueber diesem erhebt sich das Steigrohr *D* mit dem Ausflußrohre *E*. In dem Steigrohre bewegt sich an der Kolbenstange *F* der durchbohrte Kolben mit dem Kolbenventile *H*.

Beim Heben des Kolbens entsteht unter demselben ein luftverdünnter Raum, weshalb das Ventil *H* sich schließt, während *C* sich öffnet und Wasser durch das Saugrohr hinauf bis in das Steigrohr tritt. Beim Niedergehen des Kolbens schließt sich das Ventil *C*, und das über demselben befindliche Wasser hebt das Ventil *H* und tritt

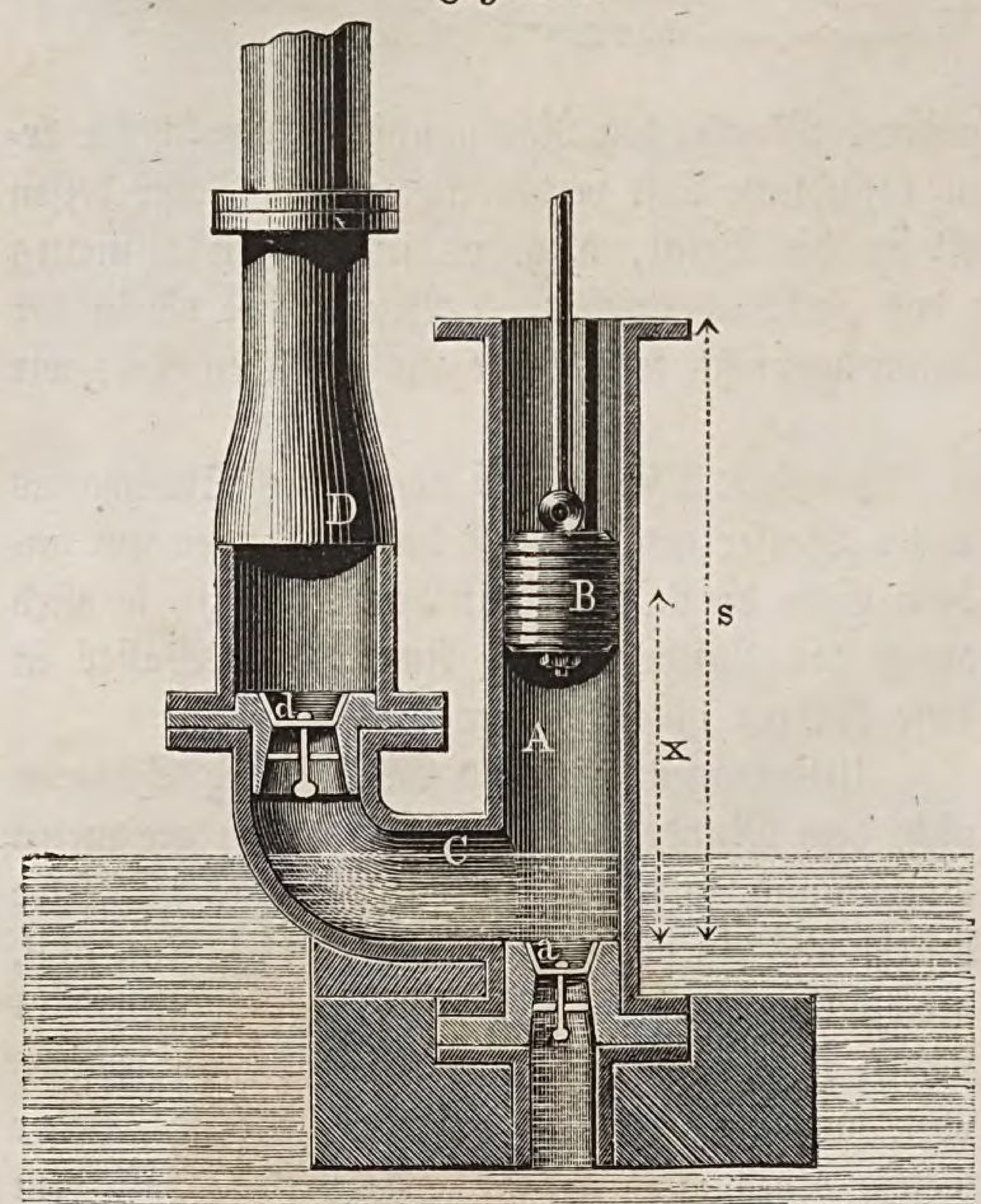
durch den Kolben in den obern Theil des Steigrohrs, bis es das Ausflußrohr erreicht und ausfließt.

111 Kann durch eine solche Saugpumpe das Wasser in jede beliebige Höhe gehoben werden?

Dieses ist nicht der Fall. Zunächst schon deswegen, weil der Luftdruck das Wasser nicht höher als etwa 10 Meter zu heben vermag. Wir wissen nämlich aus §. 102, daß derselbe einer Quecksilbersäule von 76$^{cm.}$ das Gleichgewicht zu halten vermag. Da aber Wasser 13mal weniger dicht ist als Quecksilber, so muß ich eine 13 $\times$ 76$^{cm.}$ hohe Wassersäule haben, um dem Drucke einer 76$^{cm.}$ hohen Quecksilbersäule oder dem Drucke einer Atmosphäre das Gleichgewicht zu halten; $13 \times 76 = 988^{cm.}$ sind aber gleich 9,88 oder nahezu gleich 10 Meter.

Das erste Ventil darf also höchstens 9 Meter hoch über dem Spiegel der Flüssigkeit liegen. Nun kann freilich das Wasser im Steigrohre noch gehoben werden, allein nicht beträchtlich, weil sonst das Pumpen allzu beschwerlich wird.

Fig. 120.

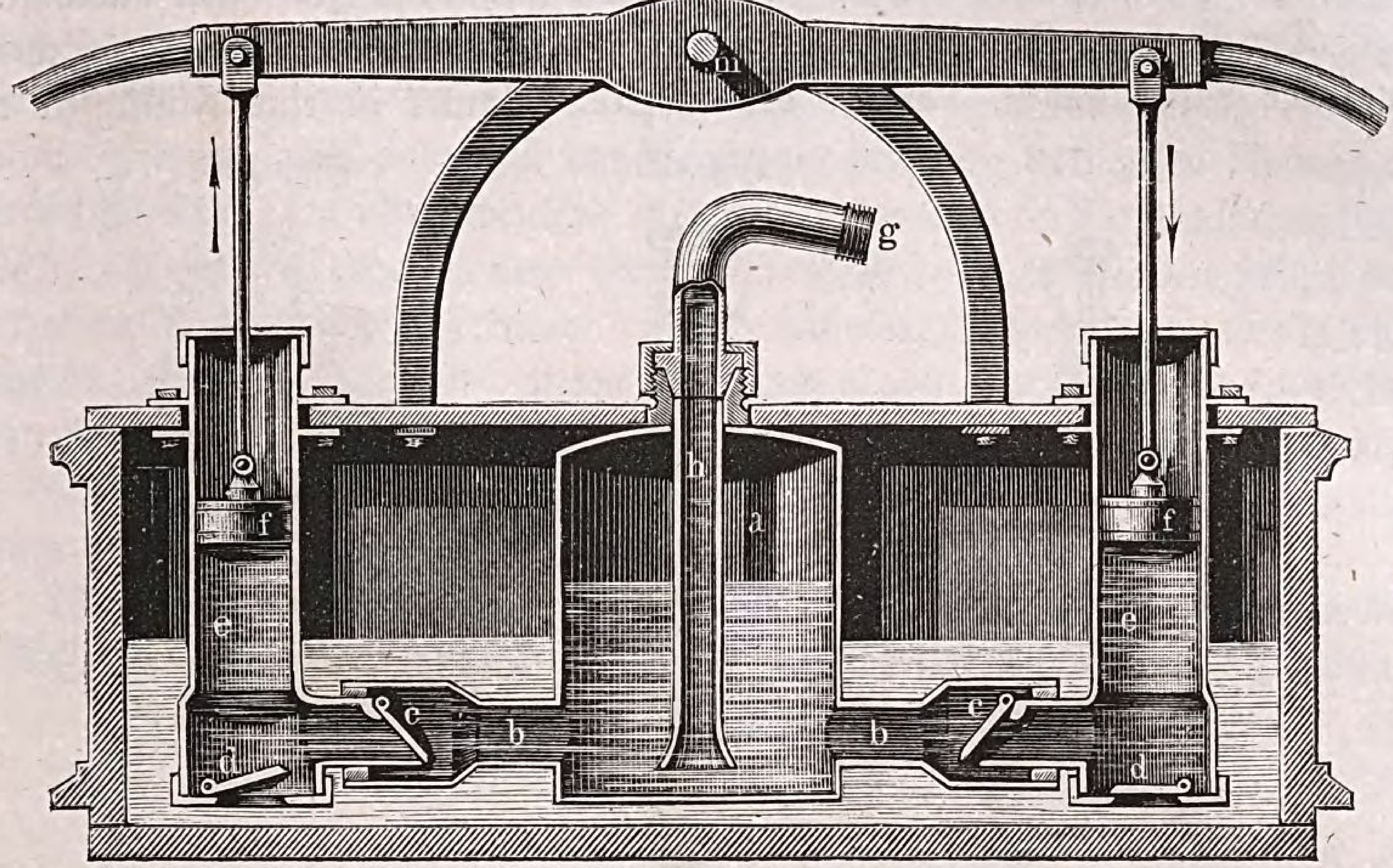


Wenn daher Wasser aus bedeutenden Tiefen oder zu eben solchen Höhen gehoben werden soll, so bedient man sich der Druckpumpen in Verbindung mit der Saugpumpe Fig. 120. Der Kolben *B* ist undurchbrochen und wenn er in die Höhe gehoben wird, so steigt das Wasser durch das Saugrohr *A* und geht durch das Ventil *a*, das sich aufwärts öffnet; wird der Kolben niedergedrückt, so schließt sich *a* und das Wasser tritt durch das Ventil *d* in das Steigrohr *D*. Soll aus diesem ein Wasserstrahl ununterbrochen ausfließen, so verbindet man es mit zwei Pumpenstiefeln, deren Kolben sich in entgegengesetzter Richtung bewegen.

112 Die Feuerspritze, Fig. 121, verdankt ihre Wirkungen wesentlich der gesteigerten Spannkraft der zusammengepreßten Luft. Ihre Theile stehen in einer Wanne, welche beständig mit Wasser gefüllt erhalten wird. In der Mitte befindet sich ein starker Behälter *a*, der Windkessel genannt, in welchem das Spritzenrohr *h* bis fast zum Boden hinabreicht. Dasselbe wird beim Gebrauche der Spritze im Anfange bei *g* durch einen Hahn verschlossen.

Durch die beiden Pumpen *ee* wird nun Wasser in den Windkessel gepumpt, und da die Luft aus demselben nicht entweichen kann, so wird sie durch das

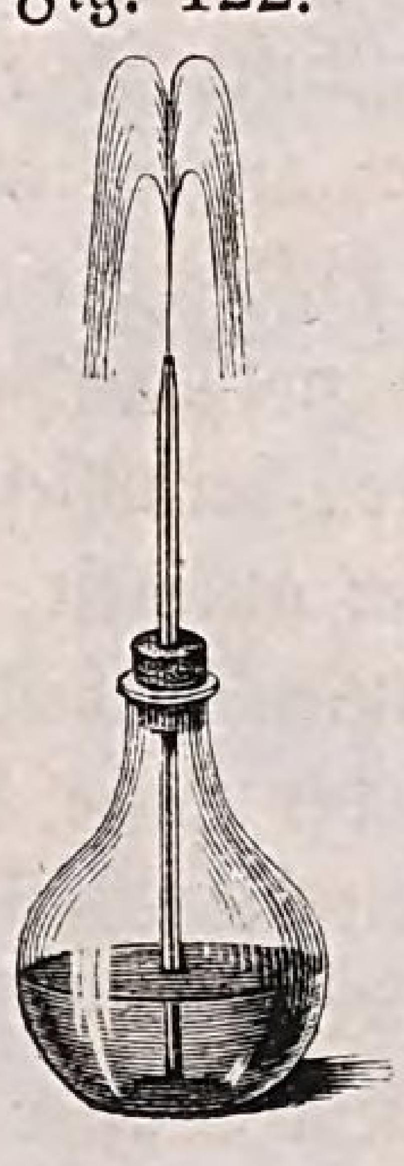
Fig. 121.



eintretende Wasser mehr und mehr zusammengepreßt. Ist dieses bis zu einem gewissen Grade geschehen, so wird der Hahn bei *g* geöffnet, und die in dem obern Theile des Windkessels zusammengepreßte Luft treibt jetzt plötzlich einen Wasserstrahl mit großer Gewalt aus der Oeffnung des Spritzenschlauchs. Da aber die Spritzenmannschaft fortwährend Wasser nachpumpt, so wird auf diese Weise ein ununterbrochener Wasserstrahl erhalten.

Von der Art, wie der Windkessel wirkt, kann man sich überzeugen, wenn man eine kleine Flasche halb mit Wasser füllt, verstopft und durch den Kork eine Glasröhre bis fast auf den Boden des Glases luftdicht einsteckt. Bläst man nun mit dem Munde heftig durch die Röhre, so wird die Luft in dem Glase verdichtet und treibt, nachdem man aufhört zu blasen, einen lebhaften Wasserstrahl aus dem Glase, Fig. 122.

Fig. 122.



Wenn man ein Trinkglas ganz mit Wasser füllt, ein Pa- 113
pier darauf deckt und dann das Glas umkehrt, so läuft das Wasser nicht aus; der gegen die untere Fläche des Papiers wirkende Luftdruck hindert das Herabfallen der Wassermasse. Das Papier ist nur deshalb nöthig, um das Glas umkehren zu können und um zu verhindern, daß das Wasser an den Seiten ausläuft und statt dessen Luftblasen in das Gefäß eindringen. Wenn die untere Oeffnung klein genug ist, um ein solches Auslaufen nicht befürchten zu müssen, wie dies beim Stechheber der Fall ist, so ist das Papier nicht mehr nöthig. Der Stechheber ist ein röhrenförmiges Gefäß, Fig. 123 u. 124,

welches oben und unten etwas enger und an beiden Enden offen ist. Taucht man es in eine Flüssigkeit, so füllt es sich mit derselben, und wenn man nun die obere Oeffnung mit dem Daumen verschließt, so kann man den Stechheber in die Höhe ziehen, ohne daß die in demselben enthaltene Flüssigkeit ausläuft.

Der Heber, Fig. 125, ist eine gekrümmte Röhre *asb*, deren Schenkel ungleiche Länge haben. Wenn der kürzere Schenkel in eine Flüssigkeit ein-

Fig. 123.

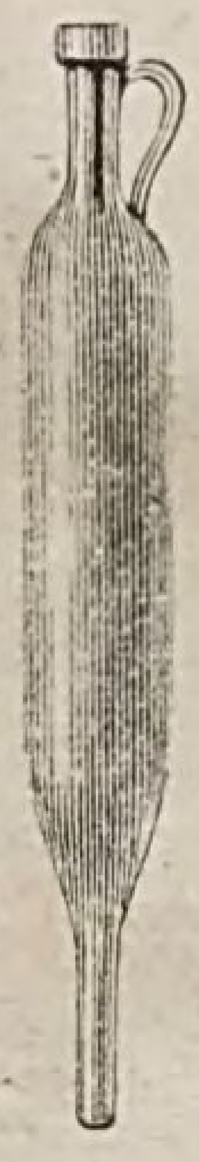


Fig. 124.

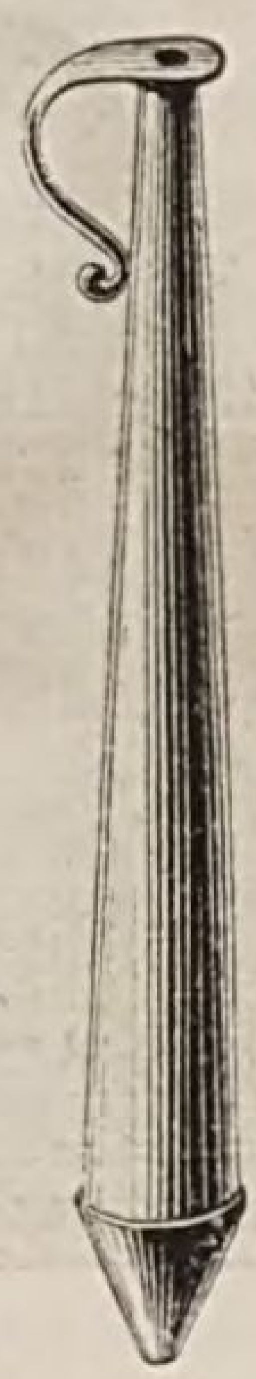
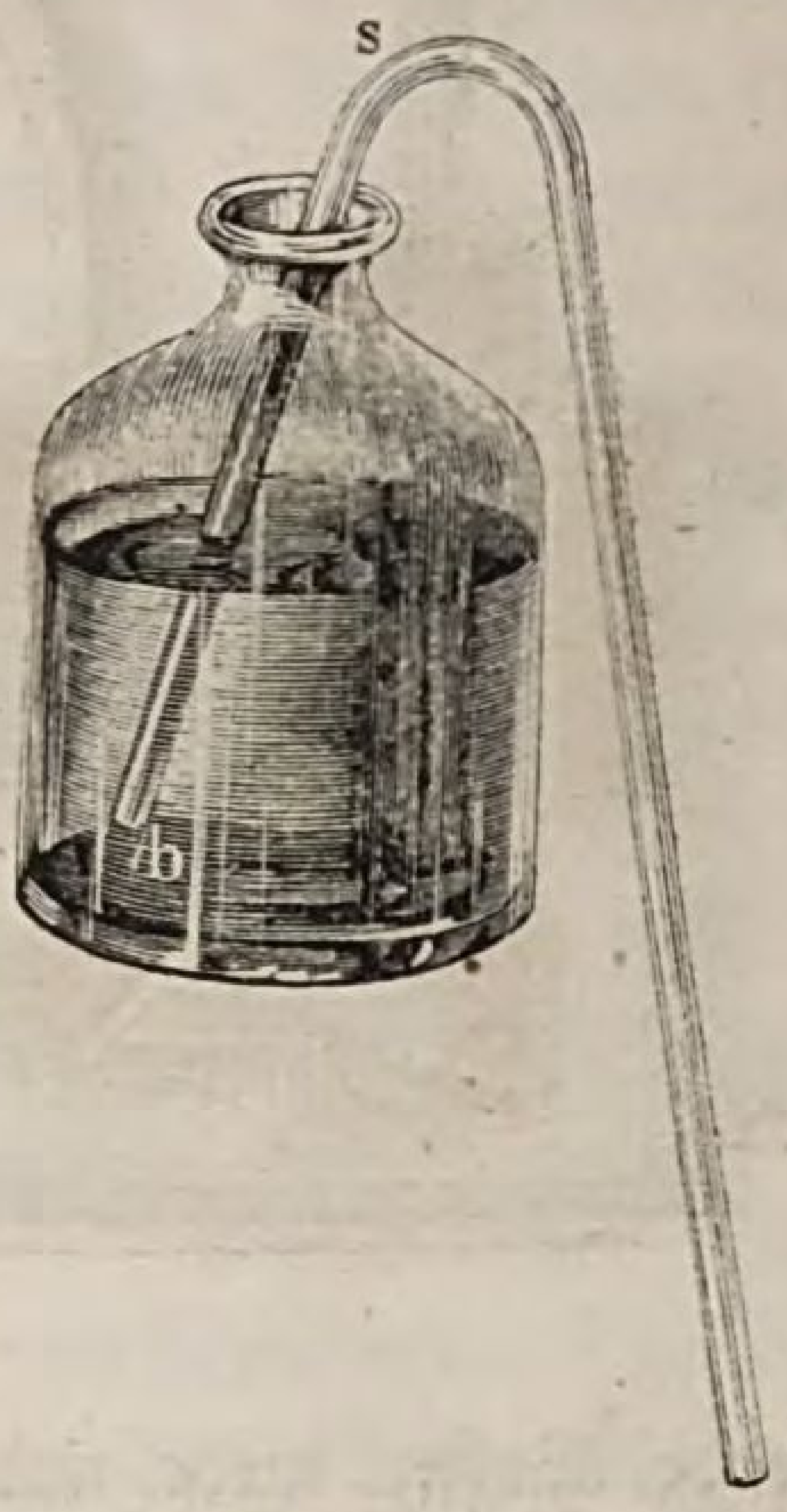


Fig. 125.



getaucht und die ganze Röhre mit derselben gefüllt ist, so läuft sie am Ende *a* des längern Schenkels, welcher tiefer liegt als *b*, fortwährend aus, so daß man also mit Hülfe eines Hebers leicht ein Gefäß entleeren kann. Die Wirkung des Hebers ist leicht zu erklären. Auf der einen Seite hat die Wassersäule *sa*, auf der andern die Wassersäule von *s* bis zum Spiegel der Flüssigkeit im Gefäße ein Bestreben, vermöge ihrer Schwere herabzufallen; der Schwere der in beiden Schenkeln befindlichen Wassersäulen wirkt auf beiden Seiten der Luftdruck entgegen, welcher auf der einen Seite gegen die Oeffnung *a*, auf der andern aber auf den Spiegel des Wassers im Gefäße wirkt und dadurch die Bildung eines leeren Raumes im Innern der Röhre verhindert, welcher sich nothwendiger Weise bei *s* bilden würde, wenn die Wassersäulen auf beiden Seiten herabliefen. Da der Luftdruck auf der einen Seite so stark wirkt wie auf der anderen, so würde vollkommenes Gleichgewicht stattfinden, wenn die Wassersäulen in beiden Schenkeln gleich hoch wären, wenn sich also die Oeffnung *a* in der Höhe des Wasserspiegels im Gefäße befände; sobald aber *a* tiefer liegt, erhält die Wassersäule im Schenkel *sa* das Uebergewicht, und in dem Maße, als hier das Wasser ausläuft, wird auf der andern Seite durch den Luftdruck von Neuem Wasser in die Röhre hineingetrieben, so daß das Ausfließen bei *a* fortdauert, bis der Spiegel der Flüssigkeit im Gefäße auf die Höhe der Oeffnung *a* gefallen oder die Oeffnung bei *b* frei geworden ist.

Man setzt den Heber gewöhnlich auf die Weise in Thätigkeit, daß man sein

kürzeres Ende in die Flüssigkeit taucht, und aus dem längern Theile durch Saugen mit dem Munde die Luft entfernt.

Die Bewegung der luftförmigen Körper beruht zum Theil auf denselben Gesetzen wie die der flüssigen Körper, doch finden bei ersteren Einschränkungen Statt, welche in ihrer Elasticität begründet sind. Die Ausflußgeschwindigkeit beim Ausströmen eines Gases aus Oeffnungen und die Ausflußmenge werden ähnlich berechnet; auch finden bei der Bewegung der Gase in Röhren Reibungswiderstände Statt, die sehr bedeutend sind. Wird ein Gas in Röhren fortgeführt, so entspricht seine Menge geradezu dem angewendeten Druck und umgekehrt der Wurzel aus der Länge der Leitung. Daher strömen, wenn Druck, Weite und Länge der Röhren gleich sind, gleiche Luftmengen aus; verhalten sich jedoch die Röhrenlängen z. B. wie 4 zu 9, so verhalten sich die ausströmenden Luftmengen wie $1/2$ zu $1/3$. Hieraus folgt, daß für sehr entfernte Brenner einer Leuchtgasleitung verhältnißmäßig weitere Röhren angewendet werden müssen. 114

Wie bei dem Ausströmen des Wassers, kann auch bei dem Ausströmen der Gase die Ausflußmenge durch Ansatzrohre, welche sich nach Außen kegelförmig

Fig. 126.

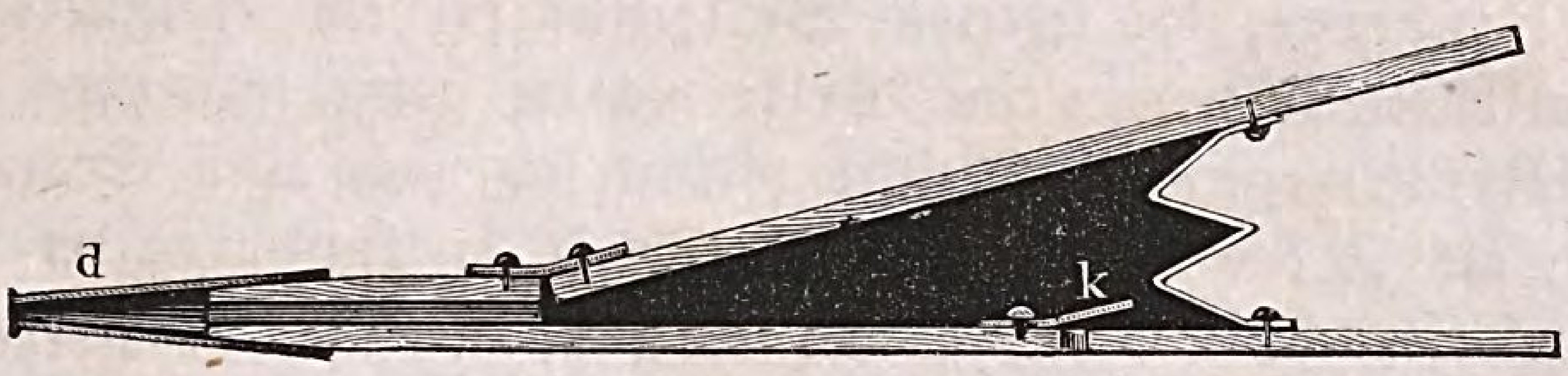
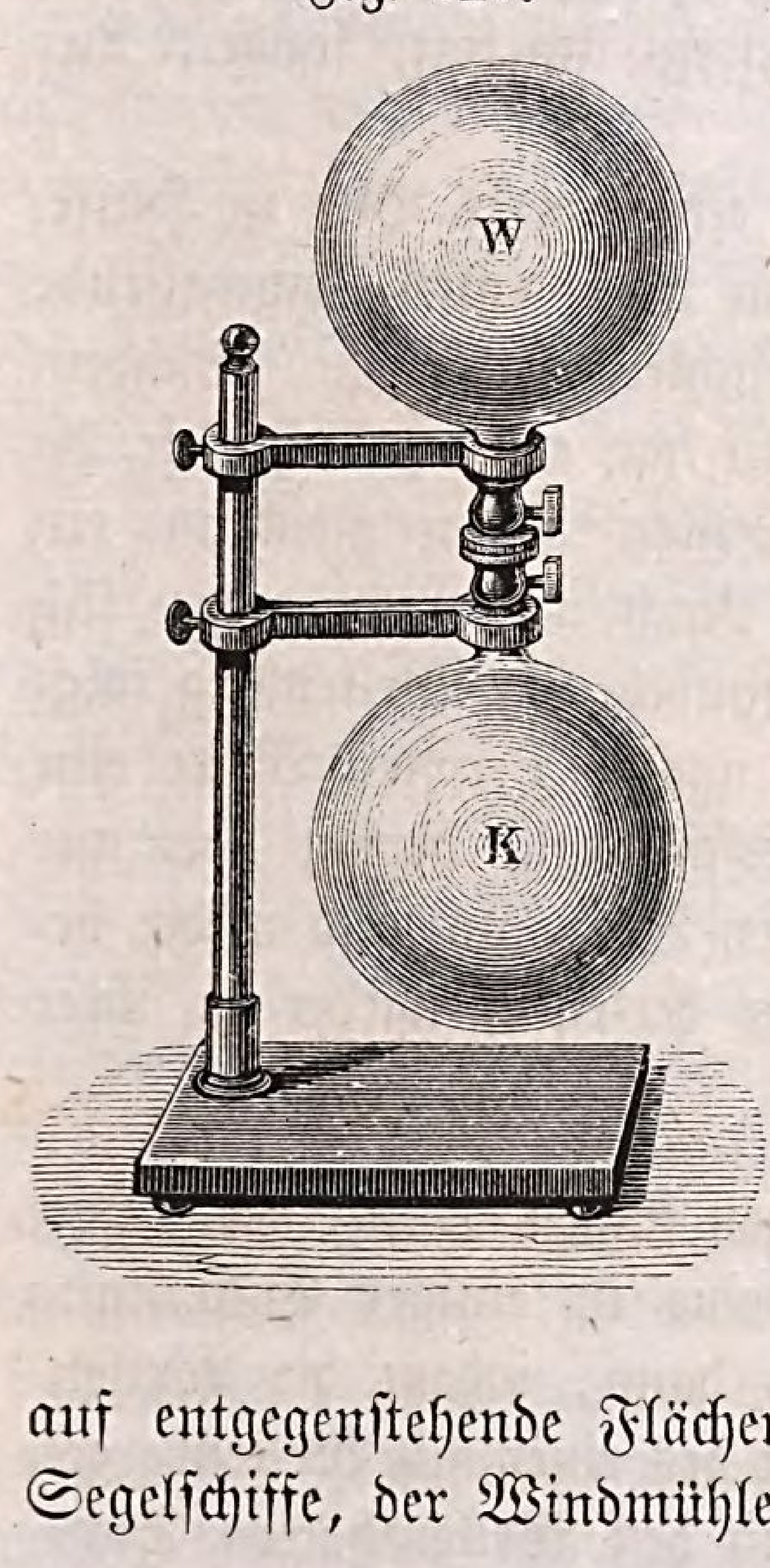


Fig. 127.



erweitern, auf Kosten der Geschwindigkeit vermehrt werden, und es finden derartige Ansatzstücke Anwendung bei den Gebläsen, welche die Hochöfen mit Luft speisen. Bei dem gewöhnlichen Blasebalg, Fig. 126, öffnet sich das Ventil *k*, sobald der obere Deckel gehoben wird, und Luft strömt von Außen ein; beim Herabdrücken des Deckels wird sie als verstärkter Strom durch das Rohr *d* ausgeblasen.

Die Bewegungsgesetze finden insbesondere Anwendung bei der Einrichtung der Kamine, welche dem Feuer durch die Rostöffnungen die erforderliche Luftmenge zuführen. Die Stärke des Zuges eines Kamines entspricht der Quadratwurzel aus dessen Höhe und hängt außerdem von dem Unterschied der Temperatur der innern und äußern Luft ab.

Aehnlich den in Bewegung versetzten Flüssigkeiten üben Luftströmungen einen merklichen Stoß auf entgegenstehende Flächen aus, und es beruht hierauf die Einrichtung der Segelschiffe, der Windmühlen und der Wetterfahnen.

115 Gleichwie mischbare Flüssigkeiten nach vollzogener Mischung in allen Theilen gleiche Bestandtheile haben, so bilden auch verschiedene Gase beim Zusammentreten vollkommen gleichartige Gemische, ja es vollzieht sich bei denselben eine derartige Mischung von selbst. Am auffallendsten zeigt sich dies, wenn wir auf den mit Kohlensäuregas gefüllten Ballon *K*, Fig. 127 (a. v. S.), einen mit Wasserstoffgas gefüllten Ballon *W* aufschrauben und durch Oeffnen der Hähne beide Gase in Verbindung setzen. Obgleich die im untern Ballon befindliche Kohlensäure 21 Mal schwerer ist als ein gleiches Maaß Wasserstoffgas, so findet man doch nach kurzer Zeit eine gleichförmige Mischung beider Gase in jedem Ballon. Man bezeichnet diese Erscheinung mit dem Namen der Diffusion, und es beruht auf dem Diffussionsvermögen der Gase, daß die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft überall dieselbe ist.

D. Die Wellenbewegung.

116 Ein in Wasser fallender Stein erzeugt um die Stelle, wo er einsinkt, eine Reihenfolge von erhabenen und vertieften Ringen. Die ersteren nennt man Wellenberge, die letzteren Wellenthäler; ein Wellenberg und ein Wellenthal bilden zusammen eine Welle und die ganze entstandene Bewegung heißt Wellenbewegung. Dieselbe pflanzt sich nach allen Seiten fort und es scheint, als ob das Wasser vom Mittelpunkt der Entstehung der Welle nach Außen fortlaufe. Dies ist jedoch nicht der Fall, wie man an Körpern, die auf der erregten Wasserfläche schwimmen, z. B. einem Blatte, beobachten kann, welches an seiner Stelle verbleibend auf- und abschaukelt, während die Wellenbewegung unter ihm wegzieht. Nicht das Wasser bewegt sich fort, sondern nur die Form der Welle.

Wir nehmen zur besseren Verdeutlichung noch ein anderes Bild zu Hülfe. Ueberblickt man ein wogendes Kornfeld, so sieht man über dasselbe hinwallende Wellen, welche mit denen des Wassers große Aehnlichkeit darbieten. Nachdem der Wind die Aehren der ersten Reihen niedergebogen hat, erheben sich diese, da sie elastisch sind, wieder. Die niedergedrückten Aehren bilden gleichsam ein Wellenthal, die aufgerichteten einen Wellenberg. Nach und nach beugen sich alle Aehren, das Wellenthal läuft über das Feld hinweg, ein Wellenberg folgt ihm nach. Dauert der Wind fort, so bildet sich nach der ersten Welle eine zweite, hierauf eine dritte u. s. w. Die ganze Erscheinung beruht aber nur darin, daß sich die Kornähren in einer gekrümmten Linie auf und nieder bewegen und wenn Ruhe eintritt, so befindet sich jede derselben wieder in ihrer frühern Stelle und Lage.

117 **Interferenz.** Eigenthümliche Erscheinungen finden Statt, wenn zwei Wellensysteme sich begegnen, z. B. wenn zwei Steine in einiger Entfernung von einander ins Wasser fallen. Entweder treffen dann, indem die Wellensysteme in einander gerathen, gleichzeitig Wellenberge des einen mit Wellenbergen des andern zusammen, und es findet das Gleiche mit den Wellenthälern Statt,

so daß höhere Wellenberge und tiefere Wellenthäler entstehen, oder ein Berg des einen Systems trifft mit einem Thale des andern zusammen. Waren die Wellensysteme einander gleich, so kann an Punkten, wo dies letztere geschieht, natürlich weder eine Erhöhung noch eine Vertiefung stattfinden, indem beide Wellen sich ausgleichen und die Wellenbewegung aufheben. Solche durch Begegnung oder sogenannte Interferenz verschiedener Systeme in Ruhe versetzte Punkte heißen Knotenpunkte, und mehrere derselben, die neben einander liegen, bilden nichtschwingende Knotenlinien.

Wohl ist zu beachten, daß bei der Interferenz zweier Wellensysteme diese zwar an einzelnen Stellen die eben beschriebenen Modificationen erleiden, im Ganzen aber jedes seinen Weg fortsetzt und sich ausbreitet, als ob das andere gar nicht vorhanden wäre. Ja, dasselbe findet Statt, wenn drei und noch mehr Wellensysteme in einander gerathen, wenn auch in diesem Falle das Auge nur schwierig mehr die einzelnen Systeme verfolgen kann.

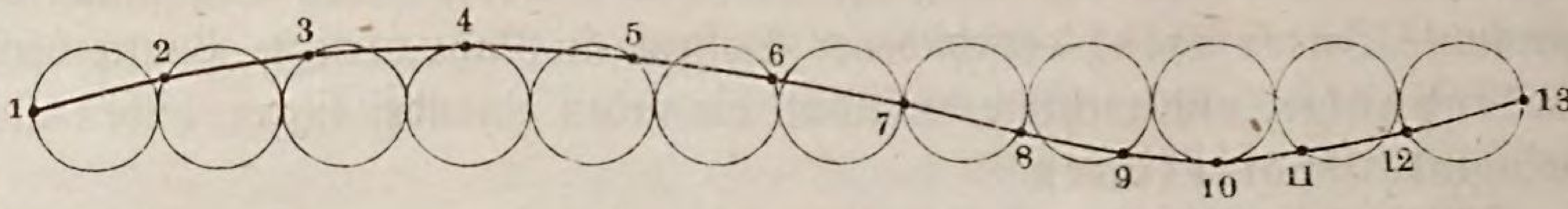
Reflexion und Beugung. Wenn fortschreitende Wellen auf einen 118
festen Gegenstand, z. B. eine Wand, treffen, so wird ihr weiteres Fortschreiten nicht nur gehindert, sondern sie werden zurückgeworfen oder reflectirt und zwar so, als kämen die rückschreitenden Wellen von einem Mittelpunkte, der eben so weit hinter der Wand liegt als der Punkt, von dem die ursprünglichen Wellen ausgingen, vor derselben sich befindet. Gesetzt, der Wasserspiegel, den wir zur Beobachtung der Wellenbewegung erwählt haben, werde in zwei Theile abgetheilt durch eine Wand, welche jedoch an irgend einer Stelle eine Lücke darbietet, so daß eine zusammenhängende Wasserfläche vorhanden ist. Erregt man nun in der ersten Abtheilung Wellen, so breiten sich diese natürlich bis zur Wand aus und werden von dieser zurückgeworfen, mit Ausnahme des durch die Lücke gehenden Theiles der ankommenden Wellen. Hierbei findet jedoch noch das Eigenthümliche Statt, daß an jedem Rande der Lücke sich ein neues, wiewohl schwächeres, Wellensystem bildet und ringsum sich ausbreitet. Diese Erscheinung wird als Beugung der Wellen bezeichnet.

Die Wellenbewegungen sind am stärksten in dem Augenblick und an der Stelle, wo die Erregung derselben begonnen hat. Sie werden in jedem folgenden Zeittheilchen kleiner und nehmen an Stärke ab, je weiter sie sich vom Punkte ihres Anfangs entfernen.

Die Ursache der Wellenerscheinungen im Wasser ist die Schwere, wenn 119
man absieht von der ersten Veranlassung, welche durch das Herabfallen eines Körpers gegeben war. Die einzelnen in Bewegung gesetzten Wassertheilchen beschrieben hierbei krummlinige Bahnen, deren eigentliche Form uns nicht bekannt ist, die wir jedoch als kreisförmig annehmen können. In Fig. 128 (a. f. S.) mögen die Punkte 1, 2, 3, 4 . . . . . Wassertheilchen, die kleinen Kreise deren Bahnen vorstellen. Jedes der Theilchen befinde sich anfänglich auf der geraden Linie 1 bis 13 und trete seine Bewegung nach unten an. Wenn das erste den ganzen Kreis durchlaufen hat, so ist das zweite noch um $^1/_{12}$ der ganzen Bahn zurück, das dritte um $^2/_{12}$, das vierte um $^3/_{12}$ u. s. w.; das dreizehnte fängt

seine Bewegung erst an, wenn das erste eine ganze Umdrehung vollendet hat. Die krumme Linie 1, 2, 3 . . . 13 stellt uns eine ganze Welle dar, von welcher 1 bis 7 den Berg und 7 bis 13 das Thal bilden.

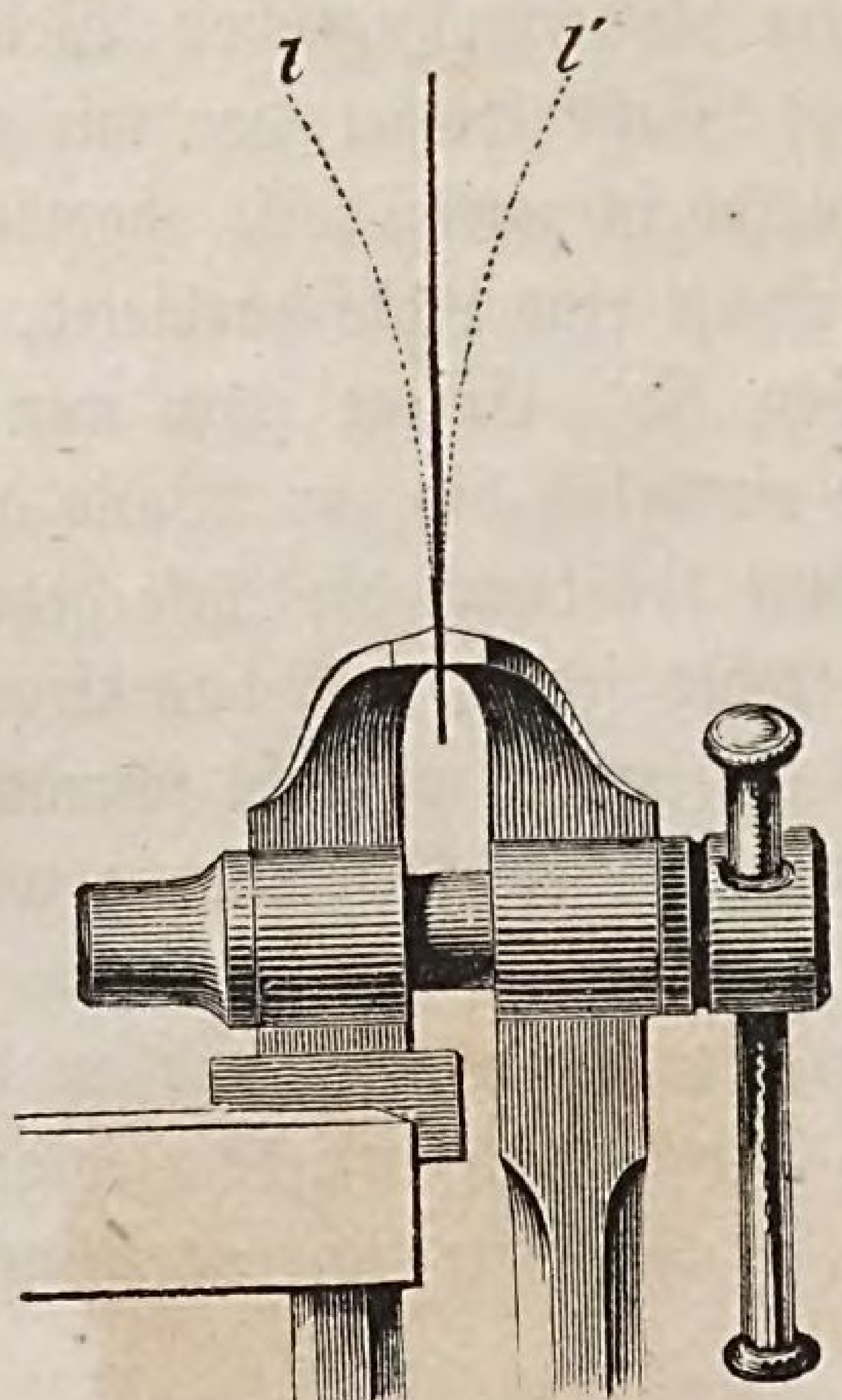
Fig. 128.



Eine Umdrehung wird Schwingung oder Oscillation genannt, und die zu einer solchen erforderlichen Zeit heißt Schwingungszeit oder Schwingungsdauer. Wir entnehmen nun aus Obigem das wichtige Gesetz: In derselben Zeit, in welcher ein Theilchen seine Schwingung vollendet, pflanzt sich die Wellenbewegung um eine ganze Wellenlänge weiter fort.

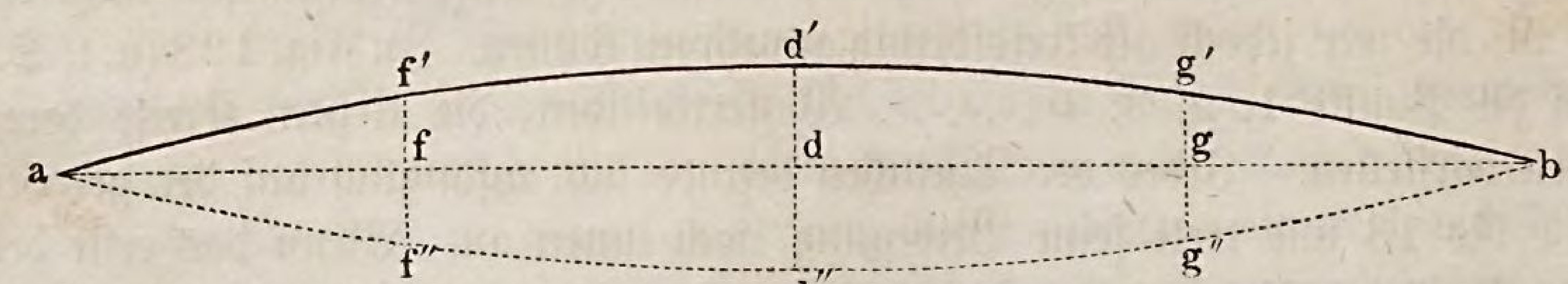
Weiß man, auf welche Strecke hin sich die Wellenbewegung innerhalb einer gewissen Zeit, etwa in einer Secunde, fortgepflanzt hat und kennt man die Länge einer Welle, so läßt sich hieraus die Anzahl der Schwingungen eines Theilchens leicht berechnen.

Fig. 129.



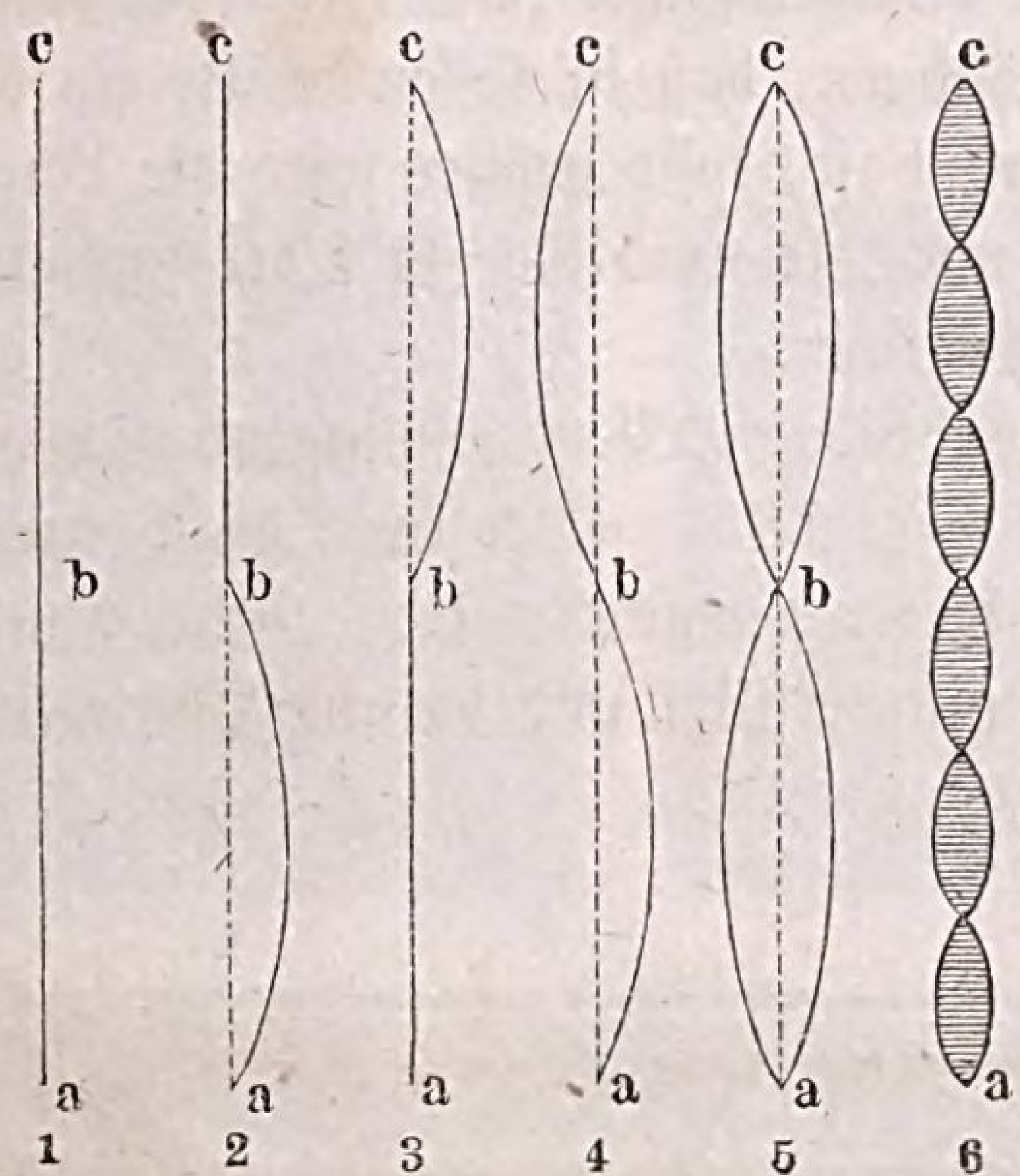
120 **Stehende Schwingungen.** Klemmt man einen elastischen Stahlstreifen an einem Ende fest, Fig. 129, biegt denselben aus der ursprünglichen Gleichgewichtslage und überläßt ihn sich selbst, so nimmt er seine anfängliche Gestalt wieder an. Dasselbe findet Statt bei der an ihren beiden Endpunkten *ab*, Fig. 130, festgespannten Saite, wenn dieselbe in der Mitte gezupft wird. In beiden Fällen gerathen alle Theilchen der schwingenden Körper gleichzeitig in Bewegung, gehen gleichzeitig durch die Gleichgewichtslage *dfg*, erreichen gleichzeitig die Gränzen ihrer Schwingungen *d'd''*, *f'f''*, *g'g''* und treten gleichzeitig wieder den Rückweg an. Schwingungen dieser Art werden stehende Schwingungen genannt.

Fig. 130.



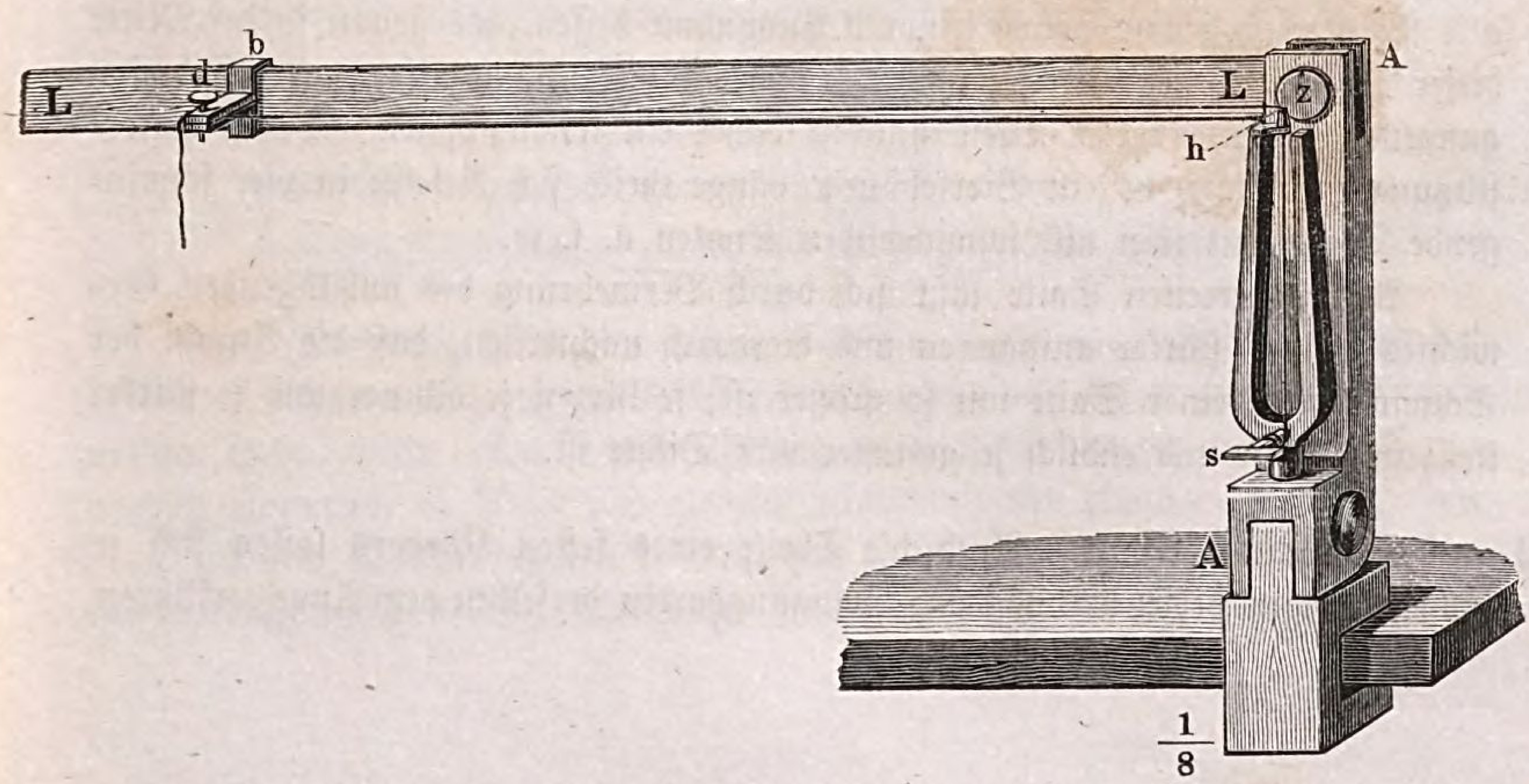
Schwingende Seile und Saiten; Knoten. Wenn man auf 121
ein gespanntes Seil *ac* (1), Fig. 131, in der Nähe des einen Befestigungspunktes mit der Hand einen Schlag führt, so bildet sich eine Vertiefung *ab* (2) welche man Wellenthal nennt. Dieses läuft das Seil entlang, bis zum andern Ende desselben (3), wird dort zurückgeworfen, kehrt um und erreicht wieder den Anfang des Seils. Da das letztere vermöge seiner Elasticität seine Form wieder herzustellen sucht, so tritt, gleich nachdem das Thal seinen Lauf angetreten hat, an seine Stelle eine Ausbiegung nach Oben, ein Wellenberg, welcher ebenfalls das Seil entlang läuft, dem Thale folgend, Wellenberg und Wellenthal bilden zusammen eine ganze Welle (4). Giebt man dem Seil zwei Schläge, so entstehen zwei einander folgende Wellen; ertheilt man dem Seil die Schläge so, daß die halbe Wellenlänge gerade in der Länge des Seils aufgeht, so begegnen sich die hin- und hergehenden Wellen und der Punkt *b* wird in diesem Falle von zwei gleichen Kräften gleichzeitig nach zwei entgegengesetzten Richtungen gedrängt. Das Seil nimmt die Gestalt (5) an, der Punkt *b* verharrt in Ruhe und heißt ein Knoten. Erfolgen die Schläge schnell hinter einander, so erscheinen die einzelnen Ausbiegungen oder Bäuche wie eine Reihe von Spindeln, welche durch bewegungslose Knoten getrennt sind; in (6) erblicken wir fünf Knoten und sechs Bäuche. Das ganze Seil bildet hier stehende Wellen.

Fig. 131.



Diese Erscheinungen lassen sich sehr schön an einem Seidenfaden oder an einer Saite vermittels des Apparates Fig. 132 zeigen. An dem Ende einer

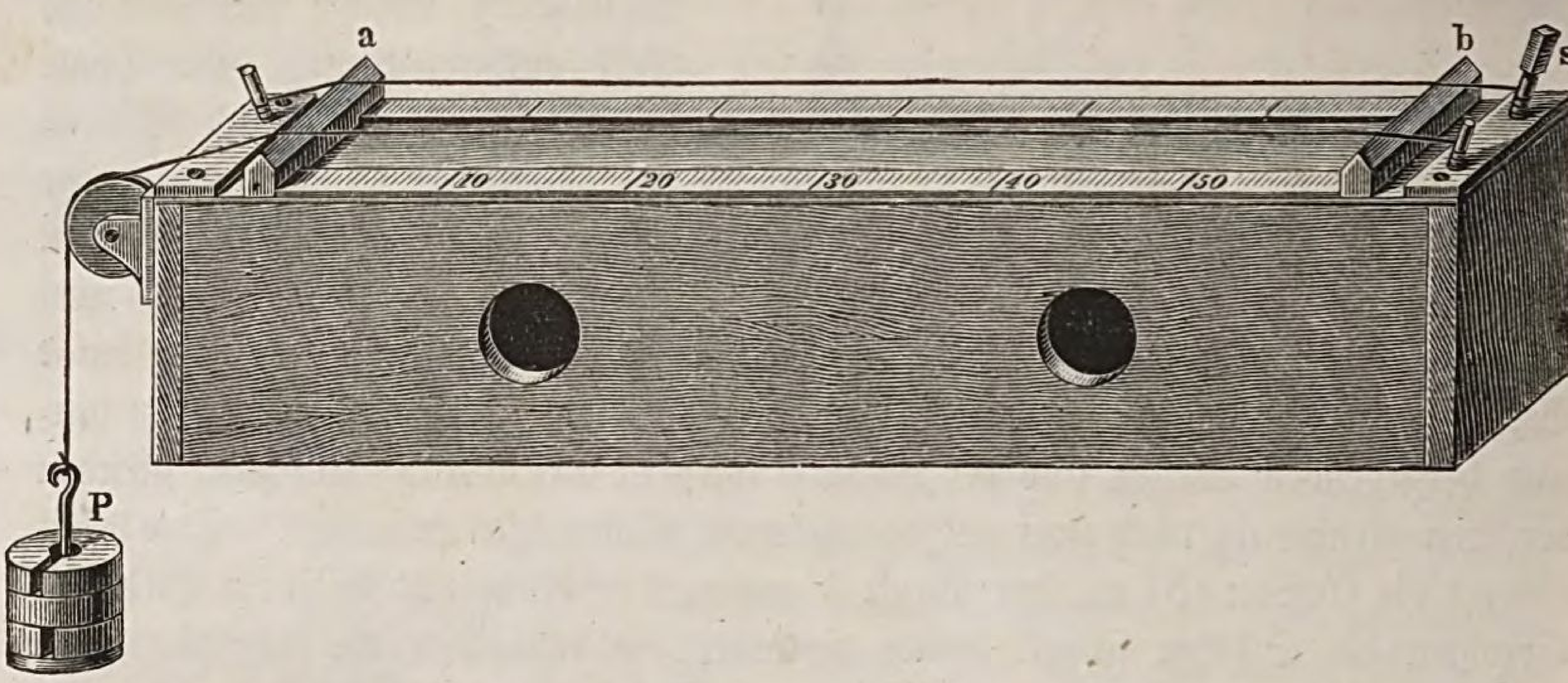
Fig. 132.



der Zinken einer großen Stimmgabel ist ein Seidenfaden fest eingeklemmt, das andere Ende mittels einer Schraube *d* festgehalten. Man bringt die Stimmgabel entweder durch Anstreichen mit einem Fidelbogen zum Tönen oder man versetzt sie dadurch in Schwingung, daß man ein auf dem Ende der zweiten Zinke aufgekittetes Glasstäbchen mit der feuchten Hand reibt. Bei entsprechender Spannung des Fadens kann es nun gelingen, daß in dessen Mitte ein Knoten sich bildet. Je stärker der Faden gespannt ist, desto größer wird die Länge der stehenden Wellen; läßt die Spannung nach, so wird die Zahl der schwingenden Theile, in welche sich der Faden zerlegt, kleiner.

Eine weitere Vorrichtung, um stehende Wellen schwingender Saiten zu veranschaulichen, ist das Monochord, Fig. 133. Hier kann durch einen verschiebbaren Steg die Saite länger oder kürzer gemacht werden. Wird nun dieselbe durch den Steg genau in der Mitte unterstützt und die eine Hälfte mit dem

Fig. 133.



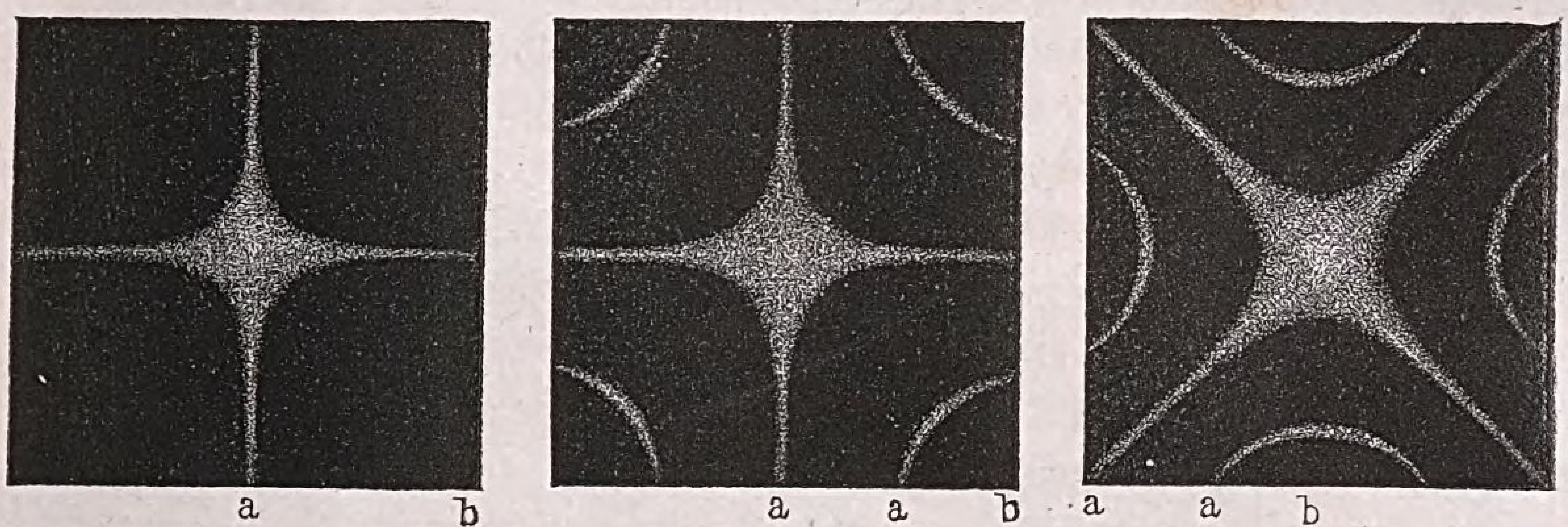
Bogen gestrichen, so schwingt auch die andere Hälfte der Saite, wovon man sich überzeugen kann, indem man kleine, zu Haken gebogene Papierstreifchen, sogenannte Reiterchen, auf die letztere setzt, die durch deren Schwingungen heruntergeworfen werden. Unterstützt man die Saite in ein Drittel ihrer Länge und besetzt die übrigen zwei Drittel mit Reitern, so werden beim Anstreichen des ersten Drittels alle Papierchen heruntergeworfen, mit Ausnahme dessen, das genau in der Mitte dieser beiden Drittel der Saite sitzt. Dieser Punkt nimmt also an den Schwingungen der Saite keinen Theil und ist daher ein Knotenpunkt. Durch Unterstützung der Saite in ein Viertel ihrer Länge theilt sich dieselbe in vier schwingende Theile mit zwei nichtschwingenden Knoten u. s. w.

An der zweiten Saite läßt sich durch Vermehrung des anhängenden Gewichtes dieselbe stärker anspannen und hierdurch nachweisen, daß die Anzahl der Schwingungen einer Saite um so größer ist, je kürzer, je dünner und je stärker sie gespannt ist und endlich je geringer ihre Dichte ist.

122 **Knotenlinien.** Auch die Theile eines festen Körpers lassen sich in Schwingungen versetzen und die Schwingungsarten derselben dem Auge vorführen.

Zu diesem Zweck bestreut man Platten aus Glas oder Metall mit feinem Sand, hält sie an einem Punkt fest und streicht mit einem Violinbogen an dem Rand. Die schwingenden Theile werfen alsdann den Sand nach den ruhenden, welche Linien von verschiedener gegenseitiger Lage bilden, die Knotenlinien heißen, Fig. 134. Je nach der Form der Tafel und je nach der Stelle ihrer Befesti-

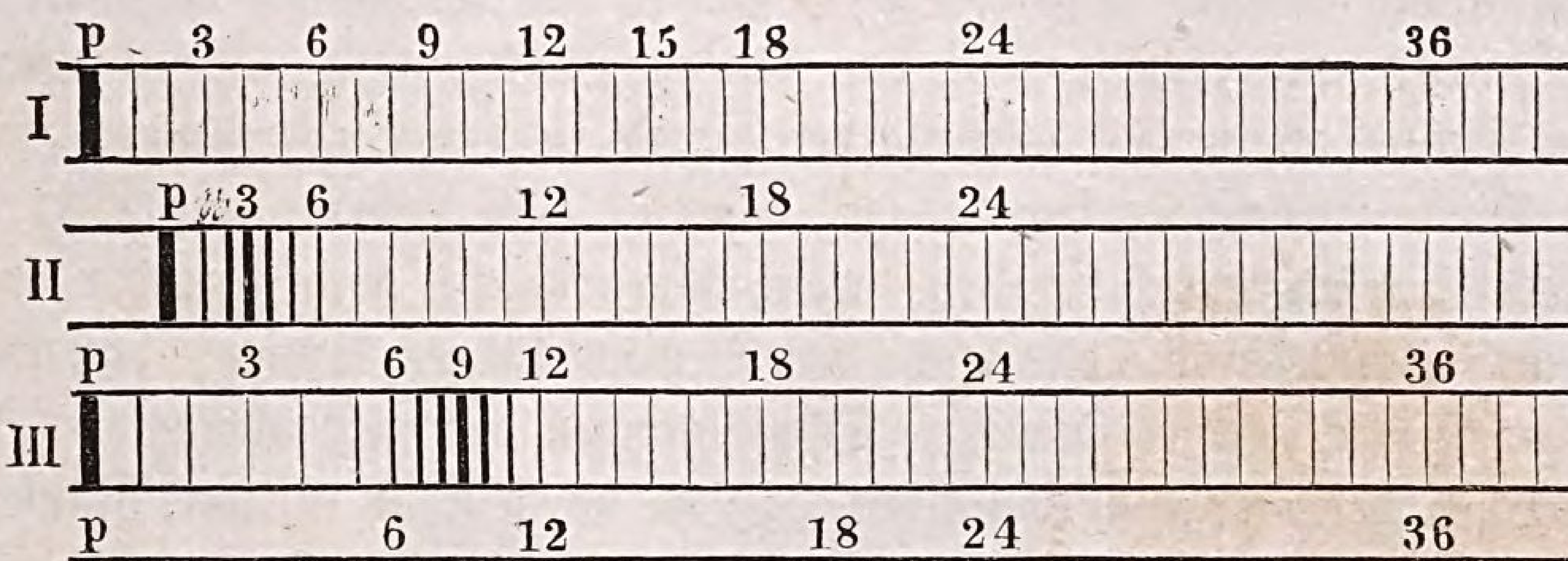
Fig. 134.



gung und der Art des Anstreichens lassen sich mannigfache Abänderungen der also zu erhaltenden sogenannten Klangfiguren erhalten.

Luftwellen. Jede hin- und hergehende Bewegung eines schwingenden 123
Körpers erzeugt abwechselnd Verdichtungen und Verdünnungen in der ihn umgebenden Luft. Ein solcher Vorgang im Raum kann nicht durch eine Zeichnung dargestellt werden und wir haben daher Fig. 135 nur als ein Hülfsmittel anzusehen, um anzudeuten, wie solche Verdichtungs- und Verdünnungswellen entstehen und sich weiter fortpflanzen.

Fig. 135.



Diese Zeichnung stellt eine offene Röhre vor, an deren Mündung sich der Kolben *P* befindet, der, wie bei I, II und III dargestellt ist, wiederholt vor- und zurückgeschoben wird. Die Striche stellen die Luftschichten vor, welche sich anfänglich sämmtlich in Ruhe und gleichen Abständen von einander befinden, wie bei I. Durch das Verschieben des Kolbens entsteht, wie II zeigt, vor demselben eine Verdichtung und beim Rückgange desselben, durch die Elasticität der Luft,

eine Verdünnung, die bei III ersichtlich ist. So stellt nun weiter IV den Augenblick vor, wo nach zweimaligem Hin- und Hergange des Kolbens zwei Wellen entstanden sind und bei V hat die dreimalige Bewegung drei Wellen erzeugt. Die Pfeile deuten die Richtung der in Bewegung befindlichen Luftschichten an, die an den Verdichtungsstellen eine nach Außen fortschreitende, an den Verdünnungsstellen dagegen nach dem Kolben gerichtet ist.

Gerade Linien, durch die Kreise der Wasserwellen von deren Mittelpunkt, oder durch die Kugelflächen der schwingenden Luft von deren Mittelpunkt ausgehend, werden Wellenstrahlen genannt, und man spricht demnach von Schallstrahlen, die in gerader Richtung fortgehen.

Verschiedenheit können die Schwingungen darbieten, je nach der Länge und Höhe der ursprünglich erregten Wellen und nach ihrer Geschwindigkeit, d. h. nach der Zahl der in einer bestimmten Zeit stattfindenden Schwingungen. Solche Verschiedenheiten sind von bedeutendem Einflusse auf die aus der Wellenbewegung hervorgehenden Erscheinungen.

Bei der großen Wichtigkeit, welche die Wellenbewegung für die bedeutendsten Phänomene der Physik hat, fehlt es nicht an sinnreichen Hülfsmitteln, um auf experimentellem Wege das Verständniß dieser eigenthümlichen Bewegungserscheinungen zu erleichtern. Wenn wir von kostbaren Apparaten absehen, von welchen Fessel's Wellenmaschine wohl der vollkommenste ist, so erscheint Müller's Wellenscheibe vorzüglich empfehlenswerth.

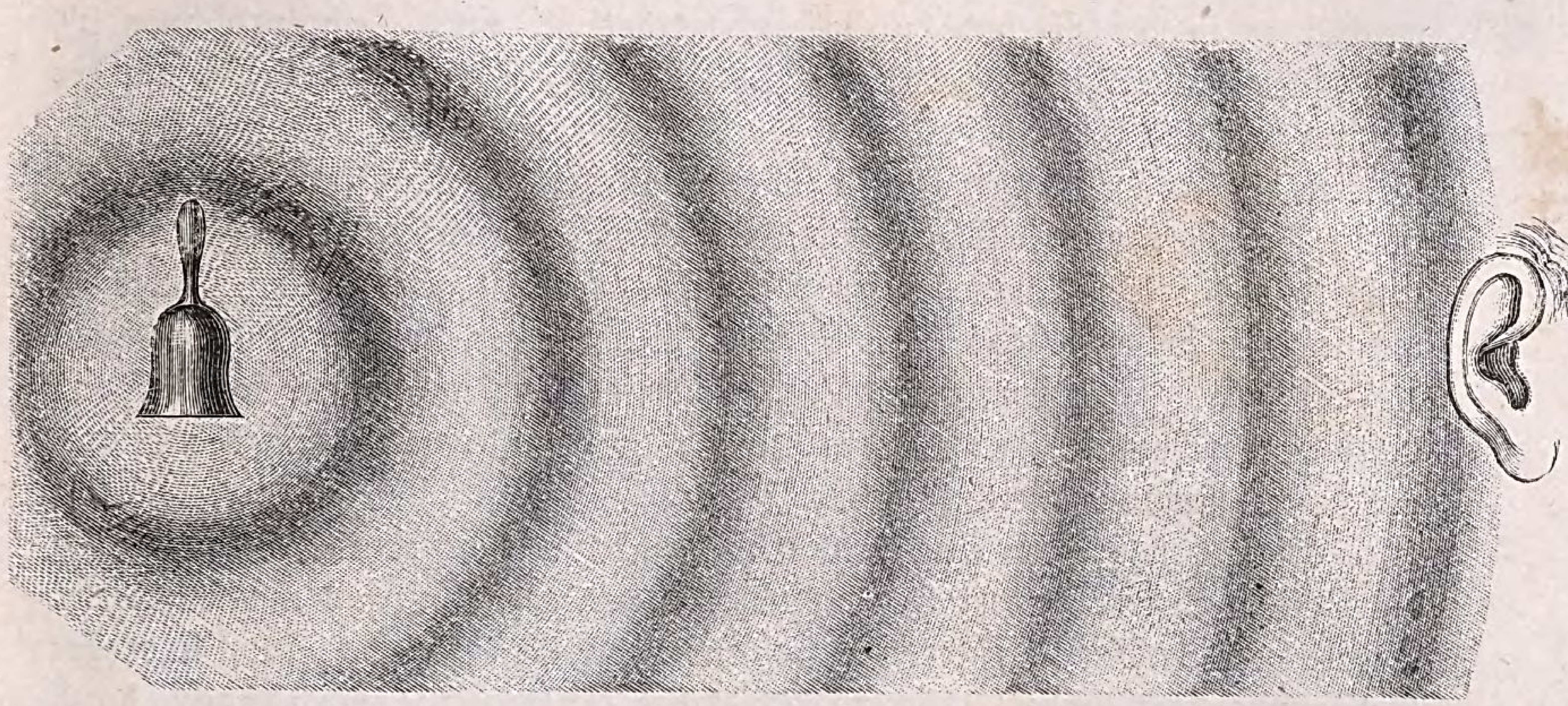
124 **Schall, Wärme und Licht.** So verschieden die drei genannten Naturerscheinungen auch auf unsere Sinne wirken, so zeigen sie doch mehrfach außerordentliche Uebereinstimmung, welche auf etwas Gemeinschaftliches im Grunde ihrer Entstehung schließen lassen. Mit gleicher Gesetzmäßigkeit verbreiten sich Schall-, Wärme- und Lichtstrahlen von einem Punkte nach allen Richtungen, nehmen an Stärke ab im Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen, werden in gleicher Weise zurückgeworfen und gebrochen. Daß Wärme und Licht daher auch auf Wellenbewegungen beruhen, wäre hiernach ein naheliegender Schluß. Aber während wir beim Schalle leicht den Beweis führen können, daß wirklich die festen Körper schwingen und ihre Schwingungen der Luft übertragen, bieten Wärme und Licht die Eigenthümlichkeit, daß sie durch ganz luftleere Räume sich verbreiten. Die Sonne sendet bekanntlich ihre wohlthätigen Strahlen zur Erde durch den ungeheuern, leeren Weltraum — was sollte da der Träger der Wellenbewegung sein?

Die Physiker hegen die Ueberzeugung, daß überall im ganzen Weltraume eine höchst feine Materie verbreitet ist, welche Aether genannt wurde. Diese Aethermaterie ist an und für sich durch unsere Sinne gar nicht wahrnehmbar, da sie nicht einmal dem Gesetze der Schwere unterworfen, folglich gewichtslos ist und nirgends Widerstand leistet. Allein in Schwingungen versetzt, ist dieser Aether der Träger und Verbreiter des Lichtes. Die fühlbare Wärme ist das Ergebniß einer Schwingungsbewegung kleinster Körpertheilchen, aber die Fortpflanzung der Wärmestrahlen erfolgt durch eine Wellenbewegung des Aethers.

IV. Der Schall.

Entstehung und Fortpflanzung. Wenn Erschütterungen, 125
welche in der Luft durch einen in Schwingung versetzten Körper erregt worden sind, zum Gehörorgan gelangen, wie Fig. 136 uns dies bildlich darstellen soll,

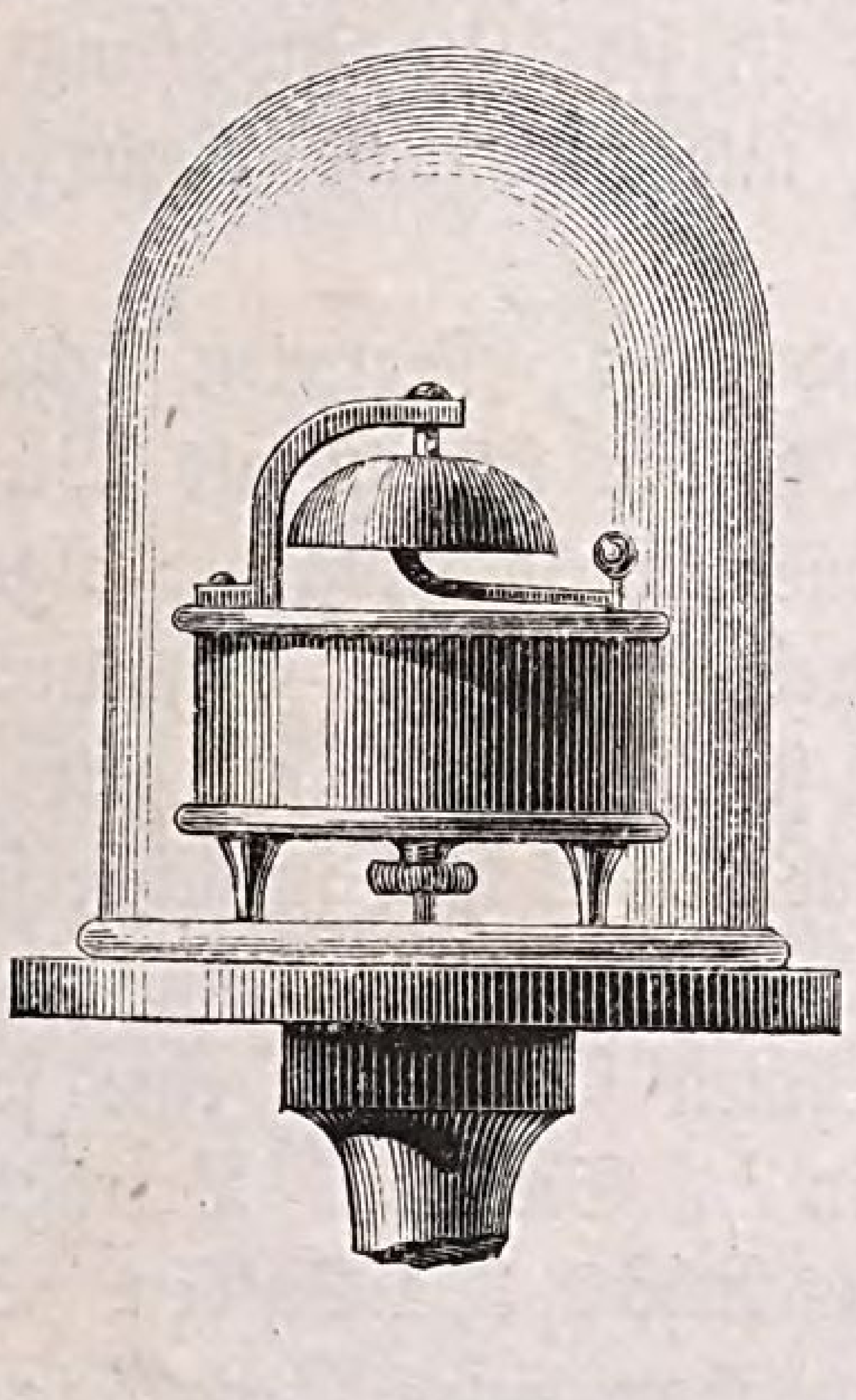
Fig. 136.



so werden die abwechselnden Verdichtungen und Verdünnungen vom Gehörnerv als Schall wahrgenommen. Derselbe wird erzeugt durch die stehenden Schwingungen eines elastischen Körpers und fortgepflanzt durch die Wellenbewegung eines elastischen Körpers.

Zum Ohr gelangt der Schall daher nur, wenn sich zwischen der Schallquelle und dem Ohr materielle Theilchen befinden, welche den Schall fortpflanzen.

Fig. 137.



Bringt man ein aufgezogenes Weckerwerk, Fig. 137, unter die Glocke einer Luftpumpe und verdünnt man hierauf die Luft, so wird der Schall schwächer mit der zunehmenden Verdünnung, bis endlich das Ohr keinen Ton mehr vernimmt, während doch das Auge den Hammer an der Glocke fortarbeiten sieht. Läßt man hierauf die Luft allmälig wieder in die Glasglocke eintreten, so vernimmt man deutlich ein fortwährendes Anschwellen des Tons, bis er endlich die volle Stärke wieder erreicht. Durch den leeren Raum pflanzt sich daher der Schall nicht fort. Auf hohen Bergen, wo die Luft dünner ist, wird der Schall schwächer. Als der Physiker Gay-Lussac bei einer Luftreise sich

bis zu 7000 Metern erhoben hatte, bemerkte er eine bedeutende Abnahme in der Stärke seiner Stimme.

Der Schall verbreitet sich durch die verschiedenen Gase, durch Dämpfe und Flüssigkeiten. Unter Wasser kann man deutlich hören. Besser als die genannten pflanzen feste Körper den Schall fort. Legt man das Ohr an das Ende eines langen Balkens, während an dessen anderes Ende eine Uhr gehalten wird, so hört man deutlich das Ticken, während es durch die Luft nicht so weit vernommen wird.

126 **Geschwindigkeit.** Die Geschwindigkeit des Schalls, d. h. der Weg, welchen er in der Secunde zurücklegt, beträgt bei einer Temperatur von 0°, windstillem Wetter und trockner Luft 332 Meter. Sie ist veränderlich mit der Temperatur und dem Wassergehalt der Luft; wird letztere wärmer und feuchter, so wird die Geschwindigkeit größer und umgekehrt. Bei mittlerer Temperatur ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit 340 Meter oder 1040 pariser Fuß. Die Gase pflanzen den Schall um so geschwinder fort, je geringer ihre Dichte ist, und in dem Wasserstoffgas, dem leichtesten aller Körper, ist seine Geschwindigkeit 1276 Meter. Dagegen ist die Schallgeschwindigkeit im Wasser viermal, im Eisen siebenzehnmal so groß als in der Luft. Hölzer leiten den Schall besonders gut in der Richtung ihrer Fasern.

Spricht man durch eine trichterförmige Oeffnung in eine Röhre, so werden die Schallwellen verhindert sich auszubreiten und gehen mit fast unverminderter Stärke in deren Richtung fort und sind am andern Ende derselben, selbst in großer Entfernung, vernehmbar. Hierauf beruht das Communicationsrohr, durch welches Personen in Räumen, die weit von einander entfernt sind, mit einander sprechen können.

127 **Zurückwerfung oder Reflexion.** In ähnlicher Weise wie dies in §. 119 bei den Wasserwellen gezeigt wurde, werden auch die Schallwellen zurückgeworfen, wenn sie einer Widerstand leistenden Fläche begegnen, und zwar werden hierbei die Schallstrahlen unter demselben Winkel zurückgeworfen, in welchem sie auftreffen. Da aber zu gleicher Zeit ein Theil der Wellenbewegung durch den auffangenden Körper sich fortpflanzt, so ist jede Zurückwerfung des Schalls von einer Schwächung desselben begleitet und mehrfache Reflexionen können daher dessen Unhörbarkeit zur Folge haben.

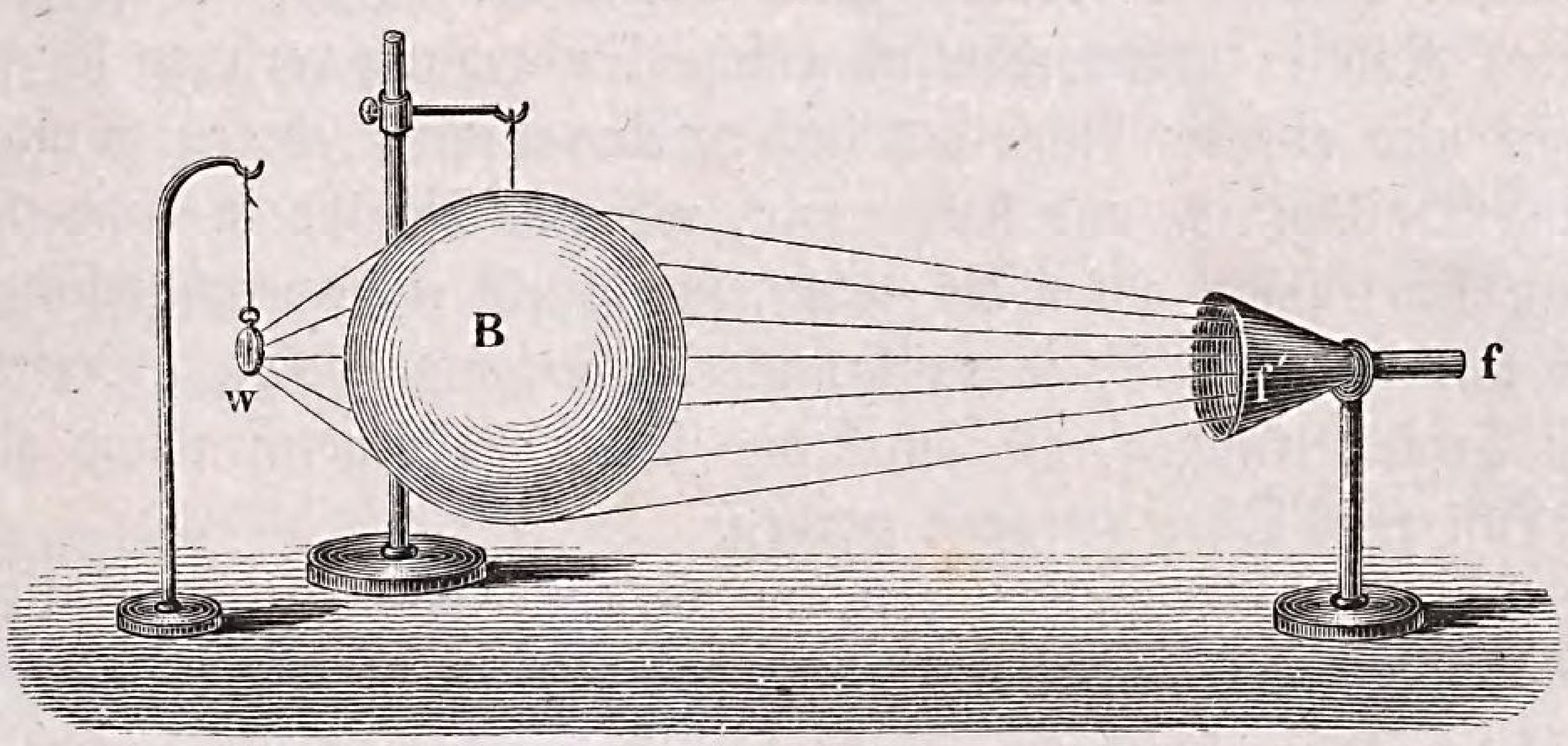
Wenn zwischen der Ankunft eines directen und eines reflectirten Schalles eine hinlängliche Zeit verfließt, so vernimmt das Ohr den letztern als Wiederhall oder Echo. Da man in einer Secunde höchstens neun aufeinander folgende Schalleindrücke unterscheiden kann, so müssen zwei verschiedene Schallwellen wenigstens um $^1/_9$ Secunde hinter einander zurück sein, damit sie als getrennte Schallwahrnehmungen gehört werden können. Eine den Schall zurückwerfende Wand muß daher von dem Beobachter 58 Fuß entfernt sein, wenn er eine ausgesprochene Sylbe durch Zurückwerfung vernehmen soll, denn eine solche Entfernung durchmißt der Schall hin und zurück in $^1/_9$ Secunde. Beträgt die Entfernung 2-, 3-, 4mal 58 Fuß, so wiederholt das Echo 2, 3, 4 Sylben. Sind mehrere zurückwerfende Wände vorhanden, so kann man einen Schall, z. B.

einen Schuß, mehrmals hören. Das Echo heißt alsdann ein mehrfaches und ist abhängig von der Zahl und Stellung der Wände. Sehr bekannt ist das siebzehnfache Echo bei Wesel am Rhein.

Wenn die zurückwerfenden Wände zu nahe sind, so kommt kein Echo zu Stande; der zurückgeworfene Schall vereinigt sich mit dem directen und verstärkt diesen. Es entsteht auf diese Weise der Nachhall, durch welchen leicht die Deutlichkeit ausgesprochener Worte beeinträchtigt werden kann.

Brechung der Schallstrahlen. Dringen Schallstrahlen in einen Körper, der ihre Bewegung verzögert, so werden sie von ihrem Weg abgelenkt. Hängt man eine Uhr (Fig. 138) dicht vor einem mit Kohlensäuregas gefüllten Kautschukballon auf und hält dann auf der andern Seite des Ballons das Ohr, so findet man eine Stelle *f*, an welcher man das Ticken viel besser hört, als an 128

Fig. 138.



den benachbarten Stellen. Die von der Uhr kommenden Schallstrahlen werden beim Durchgang durch den Ballon zweimal von ihrem Wege abgelenkt oder gebrochen und in dem Punkte *f* gesammelt.

Sprachrohr und Hörrohr. Spricht man in ein Metallrohr hinein, das sich trichterförmig erweitert, so geht ein Theil der Schallwellen in dessen Längsrichtung fort. Ein anderer Theil, der auf die Wand des Rohres trifft, wird von derselben reflectirt und geht nunmehr mit den ersten ziemlich parallel in gleicher Richtung weiter. Daher wird bei Anwendung eines solchen Sprachrohrs ein Ruf in größerer Entfernung, bis etwa eine Viertelstunde weit, deutlich vernehmbar. Auch das Hörrohr hat an seinem Ende eine trichterförmige Erweiterung, welche dient, eine größere Anzahl von Schallstrahlen aufzufangen und theils direct, theils durch Zurückwerfung nach dem Ohre hinzuleiten, in welches man seine Spitze einführt. So bedient man sich z. B. bei Anstellung des Brechungsversuchs, Fig. 138, eines aufgestellten Glastrichters *f'*, um genauer zu hören. 129

Geräusch. Knall. Ton. Mit diesem Namen sind wir gewöhnt, verschiedene Schallwahrnehmungen zu bezeichnen. Durch das unregelmäßige Aufeinanderfolgen von Erschütterungen, wie diese z. B. eintreten, wenn wir kleine 130

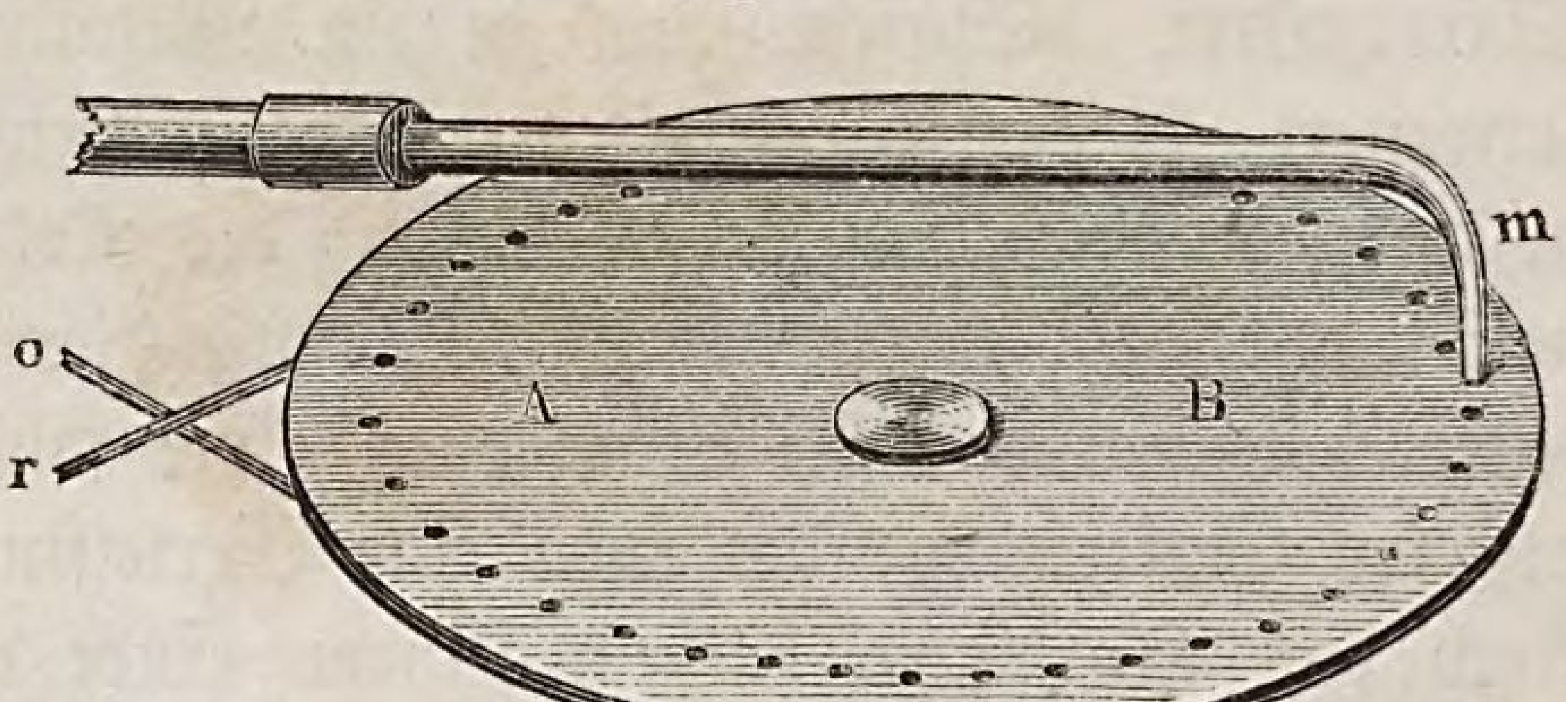
Gegenstände in einem Behälter schütteln, entsteht das Geräusch. Wenn Schallwellen von geringerer Stärke einer einzigen, kräftigen nachfolgen, so wird vorzugsweise diese letztere als ein Knall gehört. Wird dagegen ein Schall durch Schwingungen hervorgebracht, welche in gleichen Zeitunterschieden einander folgen, wie dies beim Anstreichen einer Violinsaite der Fall ist, so vernehmen wir einen Ton.

Bei den Tönen begegnet man aber außer der Stärke und Höhe noch einer weitern Qualität derselben, die man ihre Klangfarbe nennt. Wir unterscheiden nämlich bei sonst ganz gleichen Tönen genau, ob sie von der menschlichen Stimme, oder von einem Blas- oder Streichinstrument herrühren.

131 **Schwingungszahl und Wellenlänge der Töne.** Zu einer Reihe hierher gehöriger Versuche läßt sich die Schwungmaschine, Fig. 67 (S. 50), benutzen, vermittels welcher wir durch Umdrehung eines größern Rades ein kleineres Rad in außerordentlich rasche Umdrehung versetzen können. Befestigt man nun auf der Achse des letztern eine Scheibe, deren Rand in feine Zähne eingeschnitten ist, und halten wir, während dieselbe in Umdrehung versetzt ist, ein Kartenblatt gegen die Zähne, so entsteht ein eigenthümlicher scharfer Ton, der um so höher ist, je rascher die Umdrehung erfolgt. Derselbe ist die Folge von Erschütterungen, die durch die Zähne hervorgerufen und als Wellen durch die Luft zum Ohre getragen werden.

Die Anzahl der Schwingungen, welche ein Ton zu seiner Entstehung erfordert, läßt sich aus der Umdrehungsgeschwindigkeit der gezahnten Scheibe und der Anzahl der Zähne berechnen; macht dieselbe in einer Secunde acht Umdrehungen und hat sie 32 Zähne, so macht der gehörte Ton 256 Schwingungen in der Secunde. Reinere Töne erhält man mit der folgenden Vorrichtung, welche die Sirene genannt wird. Die gezahnte Scheibe wird ersetzt durch eine Scheibe von Pappe, Fig. 139, an deren Rande sich ein Kreis von in gleichen Abständen stehenden Löchern befindet, auf welche die Mündung eines Rohres *m* gerichtet ist. Versetzt man die Scheibe in rasche Umdrehung, während durch *m* ein Luftstrom auf die Löcherreihe geblasen wird, so erleidet dieser fortwährend stoßweise Unterbrechungen und die hierdurch hervorgerufenen Schwingungen erzeugen einen Ton, der höher oder tiefer ist, jenachdem die Umdrehungsgeschwindigkeit zu- oder abnimmt.

Fig. 139.



Da man vermittels der Sirene jeden in der Musik gebräuchlichen Ton hervorbringen kann, so benutzt man sie zur Bestimmung der Schwingungszahl und der Wellenlänge der Töne. Wir schlagen z. B. auf dem Clavier einen beliebigen Ton an und bringen die Sirene durch geeignete Umdrehung genau auf

denselben Ton. Waren hierzu in der Minute 1440 Umdrehungen erforderlich und beträgt die Anzahl der Löcher 16, so entstehen, so oft die Luft durch eins derselben passirt, Erschütterungen oder Stöße und zwar $16 \times 1440 = 23\,040$ in der Minute. Demnach entspricht auch der angeschlagene Ton des Claviers einer Anzahl von 23 040 Schwingungen in der Minute oder von $23\,040 : 60 = 384$ in der Secunde.

Man hat auf diese Weise die Schwingungszahlen der tiefsten und höchsten noch hörbaren Töne bestimmt und gefunden, daß schon bei acht Schwingungen in der Secunde ein Ton vernommen werden kann und daß der höchste noch wahrnehmbare Ton in derselben Zeit 36 000 Schwingungen macht. Die Töne, welche in der Musik zur Anwendung kommen, werden durch Schwingungen erzeugt, deren Anzahl zwischen 40 und 4000 liegt.

Aus der bekannten Schwingungszahl eines Tones kann man leicht die Wellenlänge desselben berechnen. Macht der Ton, wie in obigem Beispiel, in einer Secunde 384 Schwingungen, so ist die erste in der Luft schon 340 Meter weit gekommen, während die letzte erst abgeht, weil der Schall in einer Secunde 340 Meter Weg zurücklegt. Jede Schwingung erzeugt aber eine Verdünnung und Verdichtung der Luft oder eine Welle, daher kommen auf die Länge von 340 Metern 384 Wellen und somit beträgt die Länge einer Welle $340 : 384 = 0{,}88$ Meter. Man findet überhaupt die Wellenlänge eines Tons, wenn man die Geschwindigkeit des Schalls durch die Schwingungszahl dividirt.

Musikalische Töne. Wenn man musikalische Töne mit einander vergleichen und die Gesetze, welchen dieselben unterworfen sind, studiren will, so verwendet man hierzu am zweckmäßigsten gespannte Saiten oder Drähte, wie dies beim Monochord (Fig. 133) der Fall ist. 132

Nennen wir den Ton, welchen eine Saite bei einer gewissen Spannung giebt, ihren Grundton, so ist der Ton, welchen die halbe Saite giebt, die Octav desselben und macht in derselben Zeit die doppelte Anzahl von Schwingungen, als der Grundton. Zwischen diesen beiden Tönen liegen noch sechs Töne, deren Aufeinanderfolge auf unser Gehör einen angenehmen Eindruck macht. Sie bilden zusammen eine Tonreihe, welche in der Musik die nachfolgende Bezeichnung erhalten hat: Grundton *C*, Secund *D*, Terz *E*, Quart *F*, Quint *G*, Sext *A*, Septim *H*. Octav *c*.

Mit dem Monochord läßt sich durch Verschiebung des Stegs die zur Erzeugung dieser Töne erforderliche Saitenlänge bestimmen. Hat die Saite für den Grundton die Länge 1, so ist sie für:

$$D\ {}^{8}/_{9},\quad E\ {}^{4}/_{5},\quad F\ {}^{3}/_{4},\quad G\ {}^{2}/_{3},\quad A\ {}^{3}/_{5},\quad H\ {}^{8}/_{15}.\quad c\ 2.$$

Die Anzahl der Schwingungen steht in umgekehrtem Verhältniß zu der Länge der schwingenden Saite und es ergeben sich daher die Schwingungszahlen für:

C	*D*	*E*	*F*	*G*	*A*	*H*	*c*
1	$^{9}/_{8}$	$^{5}/_{4}$	$^{4}/_{3}$	$^{3}/_{2}$	$^{5}/_{3}$	$^{15}/_{8}$	2

d. h. in derselben Zeit, in welcher der Grundton eine Schwingung macht, macht G $^3/_2$ Schwingungen, oder was dasselbe ist, auf zwei Schwingungen des Grundtons kommen drei der Quint.

133 **Tonleiter. Accord.** Die Reihenfolge der musikalischen Töne bildet die Tonleiter, von welcher man zu einer höhern übergehen kann, wenn man die Octav als Grundton annimmt. Die Zahlenverhältnisse der einzelnen Töne zu einander bleiben dieselben und zur Bezeichnung derselben nimmt man die nämlichen Buchstaben des Alphabets.

Dividirt man die Schwingungszahl eines Tons durch diejenige des nächst tiefern, so giebt die erhaltene Zahl an, wieviel Mal mehr Schwingungen der höhere Ton macht, als der andere. Die erhaltenen Zahlen werden Intervalle genannt und sind nicht durchgehends gleich. Sie haben folgende Werthe:

	C		D		E		F		G		A		H		c
Intervalle:		$^9/_8$		$^{10}/_9$		$^{16}/_{15}$		$^9/_8$		$^{10}/_9$		$^9/_8$		$^{16}/_{15}$	

Das Intervall $^9/_8$ heißt ein großer ganzer Ton; $^{10}/_9$ ein kleiner ganzer Ton, $^{16}/_{15}$ ein großer halber Ton.

Die eben betrachteten Töne sind diejenigen, welche von den Untertasten eines Claviers geliefert werden und die sogenannte Durtonleiter bilden. Die Obertasten des Claviers liefern aber noch andere Töne, welche eingeschaltet sind und die ursprüngliche Tonleiter vervollständigen. Sie sind erforderlich, wenn man von einem andern Ton als dem Grundton C ausgehend eine gleiche Tonleiter aufbauen will. Man erhält so im Ganzen eine Reihe von zwölf Tönen, nämlich:

C, *Cis*, *D*, *Dis*, *E*, *F*, *Fis*, *G*, *Gis*, *A*, *Ais*, *H*, *c*

Diese Tonleiter heißt die chromatische Tonleiter, während man sie ohne die eingeschalteten Töne die diatonische nennt.

Zwei Töne, welche angenehm zusammenklingen, nennt man consonirende Töne; zwei Töne, die zusammen das Ohr unangenehm berühren, heißen dissonirend. Z. B. consoniren Grundton und Terz; Secund und Septim dissoniren. Drei Töne, welche angenehm zusammen klingen, bilden einen Dreiklang oder Accord, wie z. B. Grundton, Terz und Quint.

Zwischen der Secund und der Terz liegt ein Ton, dessen Schwingungszahl $^6/_5$ ist; man nennt ihn die kleine Terz *Es*, während der Ton $^5/_4$ die große Terz heißt. Wird die kleine Terz in die Octav aufgenommen, so erhält man die Molltonleiter, in welcher man ebenfalls mit den eingeschalteten Zwischentönen jeden Ton als Grundton annehmen kann. Sie ist folgende:

	C		D		Es		F		G		As		b		c
	1		$^9/_8$		$^6/_5$		$^4/_3$		$^3/_2$		$^8/_5$		$^9/_5$		2
Intervalle:		$^9/_8$		$^{16}/_{15}$		$^{10}/_9$		$^9/_8$		$^{16}/_{15}$		$^9/_8$		$^{10}/_9$	

Das Intervall zwischen *Es* und *E*, nämlich $^5/_4 : {^6/_5} = {^{25}/_{24}}$, heißt ein kleiner halber Ton; ein noch kleineres, $^9/_8 : {^{10}/_9} = {^{81}/_{80}}$, wird Komma genannt.

Die kleine Terz bildet mit dem Grundton und der Quint den Mollaccord, dessen Schwingungszahlen sich wie 10 : 12 : 15 verhalten, während die des Duraccords im Verhältnisse wie 4 : 5 : 6 stehen.

Obertöne. Klangfarbe. Bei Erläuterung der Wellenlehre wurde in 134
§. 121 gezeigt und mit Hülfe des Apparates Fig. 133 nachgewiesen, daß eine Saite, während sie als Ganzes schwingt, sich gleichzeitig in schwingende Unterabtheilungen theilt. Diesen kleineren schwingenden Theilen entsprechen bestimmte Töne, welche sich beim Anschlagen der Saite mit dem Grundton vermischen, die aber wegen der hervorragenden Stärke des letztern gewöhnlich vom Ohr nicht unterschieden werden. Da diese Töne durch Abtheilung einer ganzen Saite in 2, 3, 4 u. s. w. Theile entstehen, so haben sie 2-, 3-, 4mal so große Schwingungszahlen als der Grundton und werden daher harmonische Obertöne genannt.

Vermittels des Monochords ist man im Stande, solche Töne hervorzurufen und zu Gehör zu bringen.

Streichen wir vorerst die Saite des Monochords an verschiedenen Stellen ihrer Länge, so vernehmen wir zwar stets den gleichen Grundton aber jedesmal hat derselbe eine besondere Eigenthümlichkeit oder Klangfarbe. Der Grund hiervon ergiebt sich aus dem folgenden Versuch. Die Saite wird durch Streichen am Ende ihres ersten Viertels zum Tönen gebracht und nunmehr gedämpft, indem man sie in der Mitte leise mit dem Finger berührt. Sogleich verschwindet der Grundton, während man leise aber deutlich dessen Octav hört, die als verdeckter Oberton bereits mitgeklungen hatte. Durch Ansetzen des Bogens und nachfolgende Dämpfung an verschiedenen Stellen der Saite läßt sich das Zustandekommen noch anderer Obertöne nachweisen. Das feine Ohr des Musikers hat herausgefunden, daß bei Streichinstrumenten die ansprechendste Tonfülle hervortritt, wenn die Saite in $^1/_7$ oder $^1/_9$ ihrer Länge gestrichen wird. Ebenso hat allmälig die Erfahrung beim Clavier die Stelle ermittelt, an welcher der Hammer die Saite anschlagen muß, zur Erzeugung des klangreichsten Tons. Dagegen vermeidet man sorgfältig die sogenannten harten Töne, welche entstehen, wenn Saiten nahe an ihrem Ende gestrichen werden, in welchem helle, dem Grundton disharmonische höhere Obertöne sich beimischen. Wenn nun ein und derselbe Grundton auf unser Ohr einen sehr verschiedenen Eindruck macht, je nachdem er von der menschlichen Stimme, von einer Flöte, Glocke oder Trompete herrührt, so beruht dies lediglich darauf, daß in diesen Fällen dem Grundton verschiedene Obertöne beigemischt sind und hierdurch dessen Klangfarbe ändern.

Schwingende Stäbe. Stimmgabel. Stäbe aus Holz, Metall, 135
Glas lassen sich ebenfalls zum Tönen bringen, wenn man sie durch Anschlagen oder durch Anstreichen mit einem Fidelbogen in Schwingung versetzt. Wegen der bei schwingenden Stäben in Mitwirkung kommenden Elasticität folgen die Schwingungen nicht denselben Gesetzen, wie bei den Saiten. Doch bilden sich, ähnlich wie bei letzteren, Schwingungsknoten und Obertöne. Bei Stäben aus gleichem Stoff und von gleicher Dicke verhalten sich die Schwingungszahlen

umgekehrt wie die Quadrate der Stablängen. Ist der eine Stab halb so lang als der andere, so ist seine Schwingungszahl das Vierfache von der des zweiten, der Ton des letztern daher um zwei Octaven tiefer.

Die einzelnen Punkte eines schwingenden Stabes beschreiben in mannichfaltigen und schönen Verschlingungen krumme Linien. Dieselben werden sichtbar, wenn man einen dünnen Metallstab, dessen eines Ende befestigt ist und dessen anderes Ende ein glänzendes Stahlknöpfchen trägt, in Schwingung versetzt, während man Sonnen- oder Lampenlicht auf das Knöpfchen fallen läßt und mit dem Auge seine Bewegung verfolgt.

Gebogene Stäbe, welche an beiden Enden frei sind, schwingen nach denselben Gesetzen wie gerade. Als Beispiel dient die Stimmgabel, Fig. 140, die aus Stahl verfertigt ist und deren man sich in der praktischen Musik bedient, um musikalische Instrumente auf einen festgesetzten Ton zu stimmen. Aus Fig. 141 ist ersichtlich, wie die Stimmgabel schwingt, wenn sie ihren Grundton giebt.

Fig. 140.

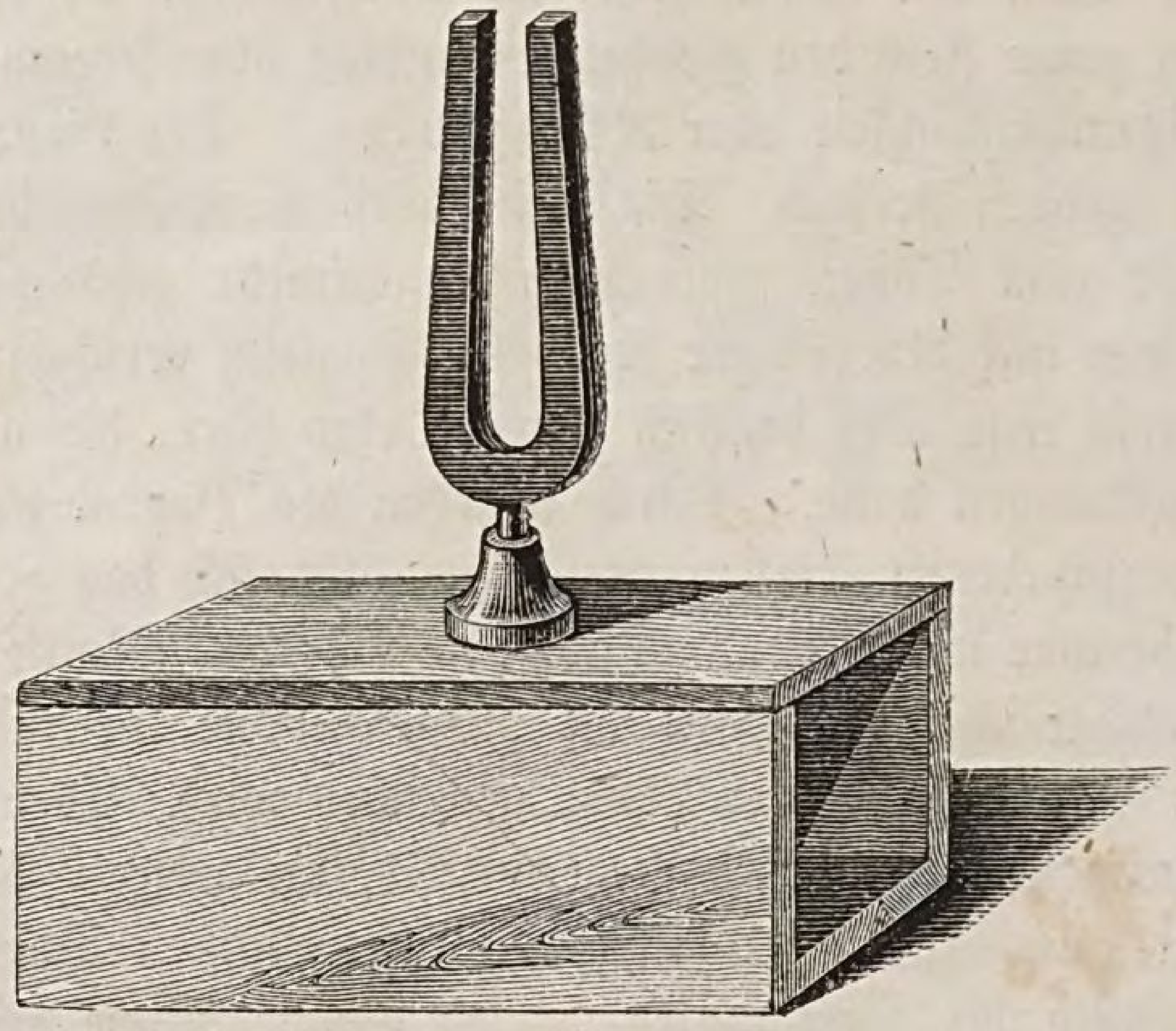
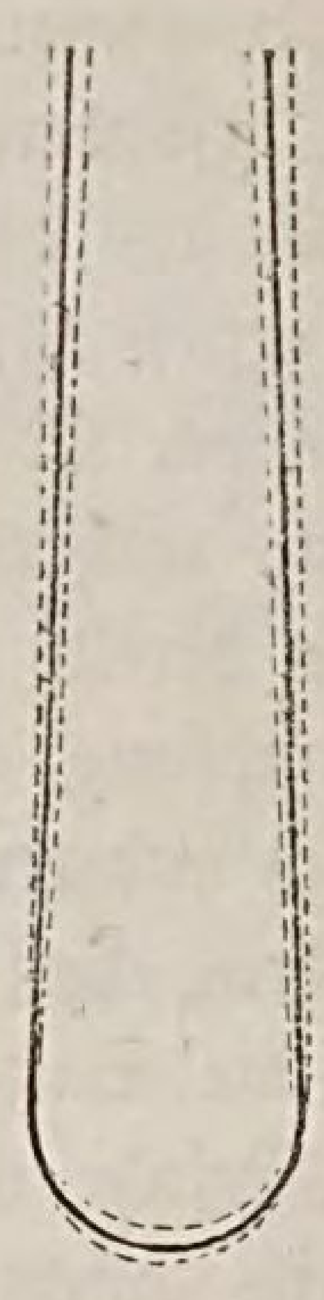


Fig. 141.



An der Stelle, wo die drei Linien, welche die Schwingungslage bezeichnen, sich schneiden, findet sich ein Knotenpunkt. Durch vorsichtiges Abschleifen an den Endflächen ihrer Schenkel wird die Stimmgabel dahin gebracht, daß sie beim Anschlagen einen bestimmten Grundton giebt, welcher das eingestrichene *a'* heißt und der nach einer von den meisten Orchestern jetzt angenommenen Uebereinkunft 435 bis 437 Schwingungen in der Secunde entspricht.

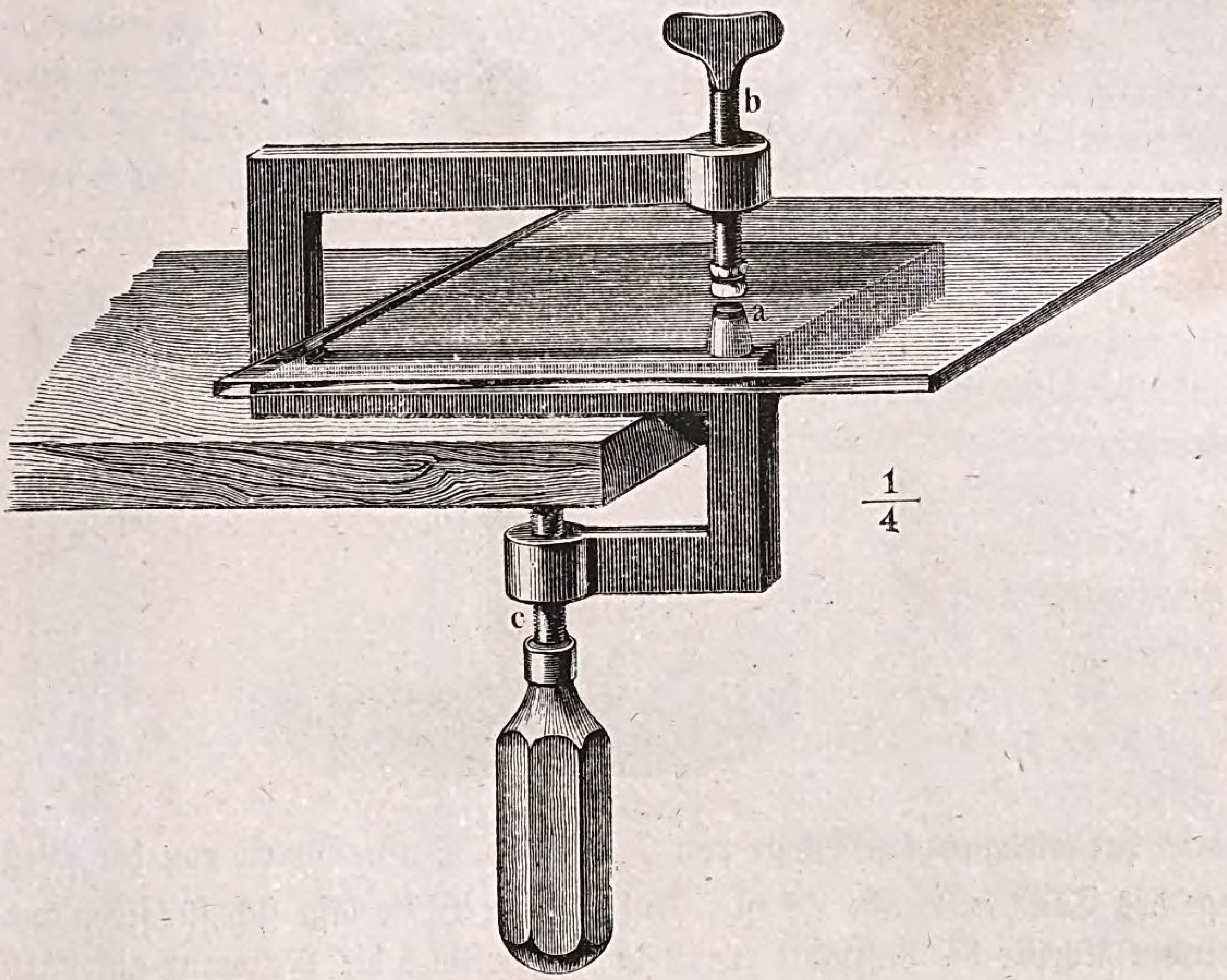
Tönende Stäbe werden in der Musik nur wenig verwendet, wie z. B. bei dem Holzinstrument und der Glasharmonika, wo Stäbe oder Platten von ungleicher Länge mittels eines Hammers angeschlagen werden. Bei den Spieldosen werden die Tonschwingungen von Metallzungen erzeugt, die an einem Ende befestigt sind.

Schwingende Platten erhält man, indem mit Hülfe der Vorrichtung Fig. 142 Glasplatten eingeklemmt und am Rande mit dem Violinbogen gestrichen werden. Sie dienen zur Erzeugung der §. 122 bereits erwähnten, aus

Knotenlinien gebildeten Klangfiguren. Hierbei entspricht die einfachste Figur dem tiefsten Ton der Platte und mit der Anzahl der auftretenden Knotenlinien nimmt die Höhe des Tons zu.

Tönende Scheiben finden musikalische Verwendung nur in Gestalt von Trommeln, Tamburinen und Pauken. Von letzteren hat ein Orchester zwei, wovon eine den Grundton, die andere dessen tiefere Quint angiebt. Glocken

Fig. 142.



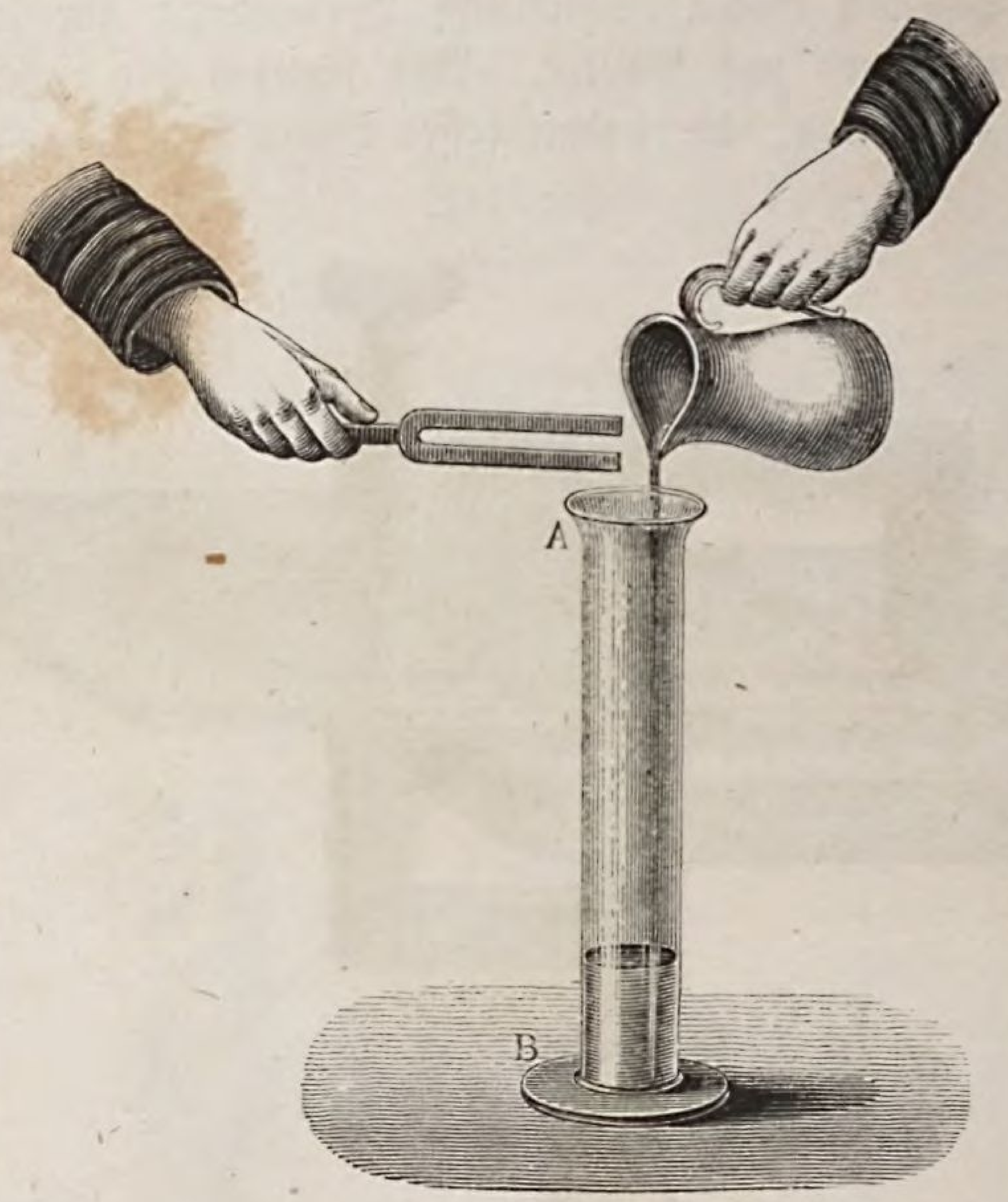
sind als gekrümmte Scheiben zu betrachten, und die beim Tönen derselben entstehenden Schwingungen lassen sich durch die kräuselnde Bewegung des Wassers veranschaulichen, das sich in einer Glasglocke befindet, deren Rand mit dem nassen Finger oder Fidelbogen gestrichen wird.

Resonanz. Durch bloßes Anschlagen giebt die Stimmgabel nur einen schwachen Ton. Setzt man sie aber nach dem Anschlagen auf ein Kästchen, das an einer Seite offen ist (Fig. 140), so wird der Ton viel lauter. Die Erschütterungen der Stimmgabel theilen sich dem Kastendeckel und der eingeschlossenen Luftsäule mit, so daß dieselben mittönen. Die Verstärkung eines Tones durch Mittönen nennt man Resonanz und dieselbe spielt bei Clavieren und Streichinstrumenten eine hervorragende Rolle. 136

Der Antheil mittönender Luftsäulen läßt sich auf folgende Weise genauer nachweisen. Man hält eine tönende Stimmgabel über einen Glascylinder Fig. 143 (a. f. S.). Ist ihr Ton $\overline{a}$, und das Glasgefäß etwa 10 Zoll hoch, so hört nan nur ein schwaches Tönen. Durch vorsichtiges Ab- und Zugießen von Wasser

läßt sich dasselbe auf eine bestimmte Höhe bringen, bei welcher der Ton der Stimmgabel die größte Stärke annimmt. Die mittönende Luftsäule des Cy-

Fig. 143.



linders hat alsdann eine Länge von 7 Zoll, d. i. ein Viertel von der Wellenlänge des Tons *a*, welche 28 ist. Auf ähnliche Weise läßt sich für jeden andern tönenden Körper die Luftsäule ermitteln, bei welcher die Resonanz am stärksten ist. Weitere Versuche ergeben, daß eine Luftsäule überhaupt mittönt, wenn ihre Länge in Viertheilen von der Wellenlänge des ursprünglichen Tons aufgeht, also z. B. $^3/_4$, $^5/_4$ derselben beträgt.

137 **Tönende Luftsäulen; Resonatoren.** Wählen wir nunmehr eine an beiden Enden offne Röhre, und halten vor die eine Oeffnung einen tönenden Körper, so tritt das stärkste Anschwellen des Tons dann ein, wenn die Länge der Röhre die Hälfte von der Wellenlänge dieses Tons ist. Solche Luftsäulen, welche geeignet sind, einen bestimmten Ton zu verstärken, und die mittönen, wenn der Ton, den sie selbst geben können, in einer Mischung von Tönen enthalten ist, heißen Resonatoren.

Der Bewegungszustand einer tönenden Luftsäule läßt sich veranschaulichen, indem man in einer etwa zwei Fuß langen Glasröhre, Fig. 144, an einem Faden ein Rähmchen auf- und abläßt, das mit einer dünnen Blase überspannt und mit feinem Sand bestreut ist. Die Glasröhre wird in den Fuß einer Orgelpfeife gesteckt und durch Anblasen zum Tönen gebracht, oder zu gleichem Zweck über eine tönende Glasplatte (Fig. 142) gehalten. Bei dem tiefsten Ton der

Röhre bleibt der Sand ruhig liegen, wenn sich das Rähmchen in der Mitte der tönenden Luftsäule befindet, wie die Figur zeigt; an dieser Stelle kommt aber der Sand sogleich in lebhafte Bewegung, wenn durch stärkern Wind die Octav des Grundtons erzeugt wird, während man in gleicher Weise für diesen höhern Ton nachweisen kann, daß sich Schwingungsknoten bei *a* und *b* gebildet haben und somit stehende Luftwellen vorhanden sind.

Man kann die Luftsäule einer offenen oder unten geschlossenen Röhre zum Tönen bringen, indem man sie dicht an die Lippe hält und quer über ihre Oeffnung hinwegbläst, wie dies bei der bekannten Pansflöte geschieht. Eine beiderseits offene Röhre tönt aber auch als sogenannte chemische Harmonika, wenn man sie über die Flamme des aus einer feinen Oeffnung ausströmenden Wasserstoffgases, Fig. 145, oder Leuchtgases stülpt. Die von der Flamme ausgehende Erwärmung der Luft versetzt letztere in eine schwingende Bewegung, an der die Flamme selbst Antheil nimmt und wodurch der Ton entsteht.

Fig. 144.

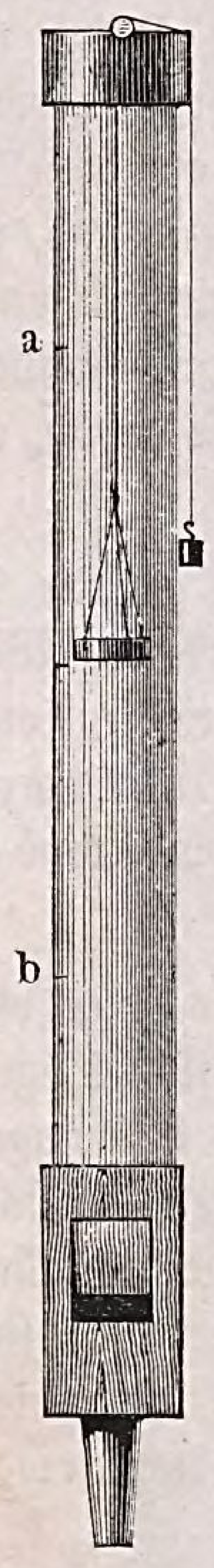
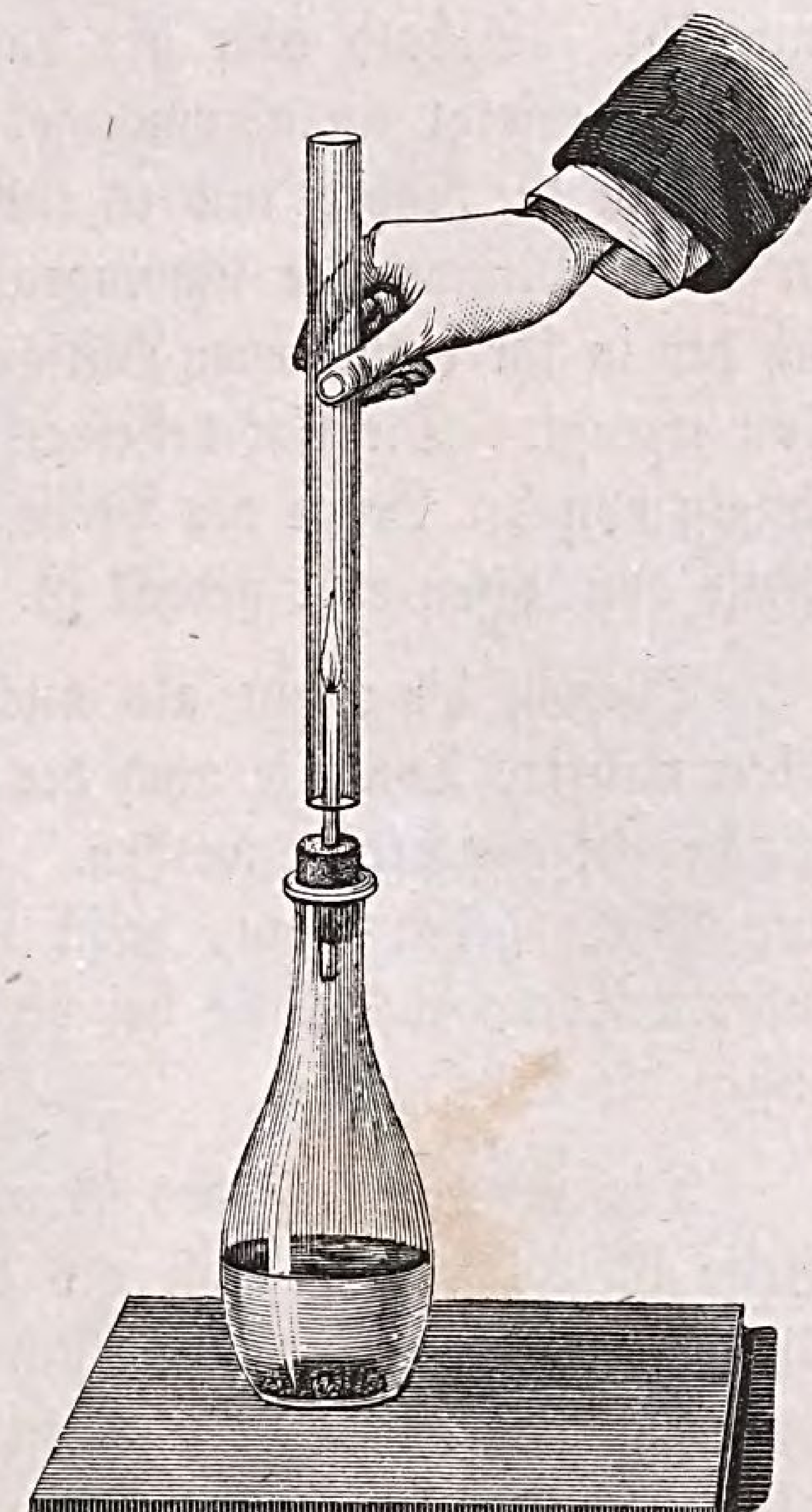


Fig. 145.



Sehr merkwürdig ist die hieran sich reihende Erscheinung der singenden Flamme. Man ermittelt zuerst durch Ueberstülpen der Glasröhre über die Flamme deren Grundton. Bei einer durch den Versuch zu treffenden Stärke der Flamme und Stellung der Röhre tritt dann der Fall ein, daß die Röhre für sich nicht tönt, aber sofort zu singen beginnt, wenn man in einiger Entfernung ihren Grundton anstimmt. Hält man die Hand über das Ende der Röhre, so hört der Ton auf, beginnt jedoch von Neuem, sobald die Röhre wieder angesungen wird. Auch ein Instrument, das den Grundton der Röhre richtig angiebt, bringt die verstummte Röhre zum Singen.

Pfeifen. Um in Röhren einen anhaltenden musikalischen Ton zu er- 138
zeugen, giebt man denselben eine besondere Einrichtung, wie dies bei den Orgel-

pfeifen der Fall ist. Dieselben sind entweder von Zinn und rund, oder sie sind von Holz und viereckig. Den Durchschnitt einer der letzteren sehen wir in Fig. 146. Sie wird mit ihrem untern Theil, dem Fuß, auf eine Oeffnung des sogenannten Windkastens gesteckt, in welchen ein Blasbalg Luft einführt. Es gelangt zunächst ein Luftstrom in den Behälter *K*, erleidet hier eine Zusammenpressung und entweicht nun durch die Spalte *d* nach der Oeffnung *c*, Mund genannt, gegen die Lippe *ab* hin. Die in die Röhre *R* eindringende Luft führt in derselben eine Verdichtung herbei, wodurch für den Augenblick ein weiteres Eindringen gehemmt wird und der Luftstrom durch den Mund entweicht. Sobald aber die Luft in *R* sich wieder ausdehnt, erfolgt ein abermaliges Eindringen von Luft aus *K* in die Röhre, und es entsteht auf diese Weise an ihrem Munde eine schwingende Bewegung, welche sich der in ihr enthaltenen Luftsäule mittheilt und den Ton erzeugt. Die Art desselben ist hauptsächlich abhängig von der Länge der Pfeife, sowie davon, ob die Pfeife oben offen oder gedeckt ist.

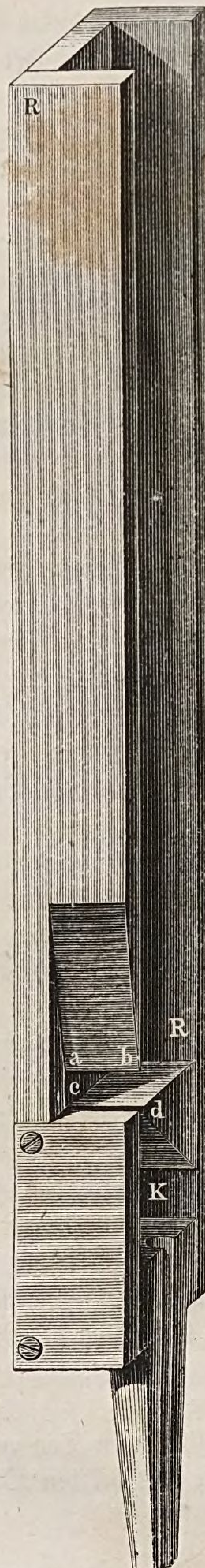


Fig. 146.

Sowohl die offene als auch die gedeckte Pfeife geben mehrere Töne, je nach der Stärke des Windes, mit der sie angeblasen werden. Der tiefste Ton, den eine Pfeife geben kann, heißt ihr **Grundton**, die anderen Töne, welche sie bei verstärktem Wind giebt, heißen die **Obertöne**.

Die Wellenlänge des Grundtons einer offenen Pfeife ist doppelt so groß als die Pfeifenlänge und für diesen Grundton bildet sich ein Schwingungsknoten in der Mitte der Röhre. Bei verstärktem Blasen theilt sich jedoch die schwingende Luftsäule in mehrere Knotenpunkte ab und es verhalten sich die Schwingungszahlen der entstehenden Obertöne wie 2, 3, 4 u. s. w., wenn die des Grundtons als Eins gesetzt wird.

Bei der gedeckten Pfeife ist die Wellenlänge des Grundtons viermal so groß als die Länge der Pfeife. Ihre höheren Töne entsprechen Wellenlängen, die 3-, 5-, 7- u. s. w. mal kürzer sind und dafür eine 3-, 5-, 7- . . . mal größere Schwingungszahl haben; auch sie entstehen durch entsprechende Knotenpunkte, welche in der Röhre sich bilden.

Den Ton einer offenen Pfeife kann man dadurch erniedrigen, daß man dieselbe theilweise deckt. Verschließt man ihre obere Oeffnung ganz, so wird sie zur gedeckten Pfeife und ihr Grundton ist alsdann eine ganze Octav tiefer. Der tiefste in der Musik verwendete Ton heißt das Subcontra-*C* oder das zweiunddreißigfüßige *C*, weil es 32 Schwingungen in der Secunde macht. Um denselben hervorzubringen, müßte eine offene Orgelpfeife von 32 Fuß Länge verwendet werden. In der That aber genügt eine gedeckte Pfeife von der halben Länge, da diese den gleichen Ton giebt.

Zungenpfeifen. Bei den im Vorhergehenden beschriebenen Pfeifen, 139
welche man Lippen- oder Labialpfeifen nennt, wird die schwingende Bewegung durch einen Luftstrom erzeugt und der entstandene Ton hängt nur von der schwingenden Luftsäule ab. Bei den Zungenpfeifen ist es die sogenannte Zunge, welche tönende Schwingungen in der Luft veranlaßt, ohne daß der Ton von der Zunge selbst herrührt. Fig. 148 zeigt uns im Durchschnitt den Fuß einer Zungenpfeife. Ein Halbcylinder von Messingblech, *rr*, ist an der offenen Seite durch ein elastisches Plättchen, die Zunge *l*, bedeckt, bei deren Hin- und Herschwingen der innere Raum des Messingcylinders abwechselnd geöffnet und geschlossen wird. Eine Feder *d* dient dazu, die Länge des schwingenden Theiles der Zunge abzuändern und hierdurch die Anzahl der Schwingungen zu vermehren oder zu vermindern. Dieselbe wird durch einen von Unten eindringenden Luftstrom in Schwingung versetzt und es kann derselbe hierdurch nur stoßweise in den Hohlraum *v* treten. Die in Folge dessen entstehende Wellenbewegung erzeugt den Ton, welcher durch einen aufgesetzten Schallbecher, Fig. 147, verstärkt wird.

Fig. 147.

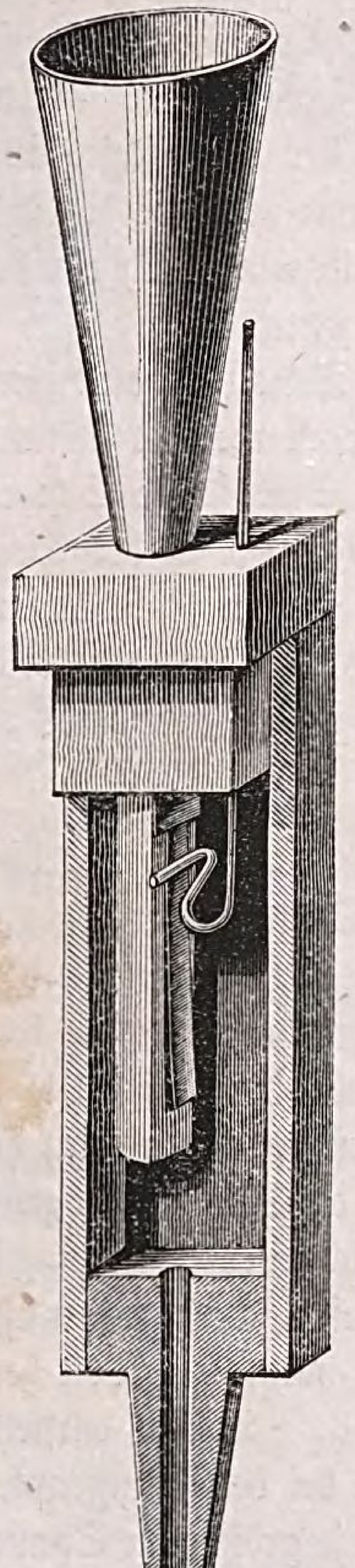
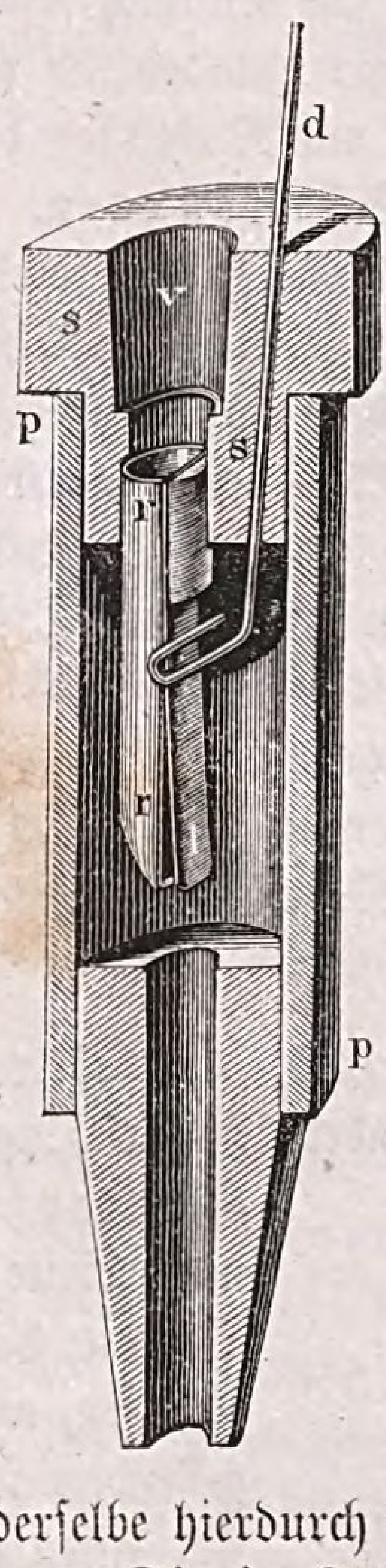


Fig. 148.



Das vollständige Pfeifenwerk einer Orgel besteht aus Lippenpfeifen und Zungenpfeifen; die Flöte, die Trompete und das Horn sind Blasinstrumente, bei

welchen der Ton in ähnlicher Weise zu Stande kommt wie bei den Lippenpfeifen. Die Maultrommel und die Zugharmonika sind Zungenwerke ohne Pfeifen; Clarinetten, Oboe und Fagot sind Zungenpfeifen.

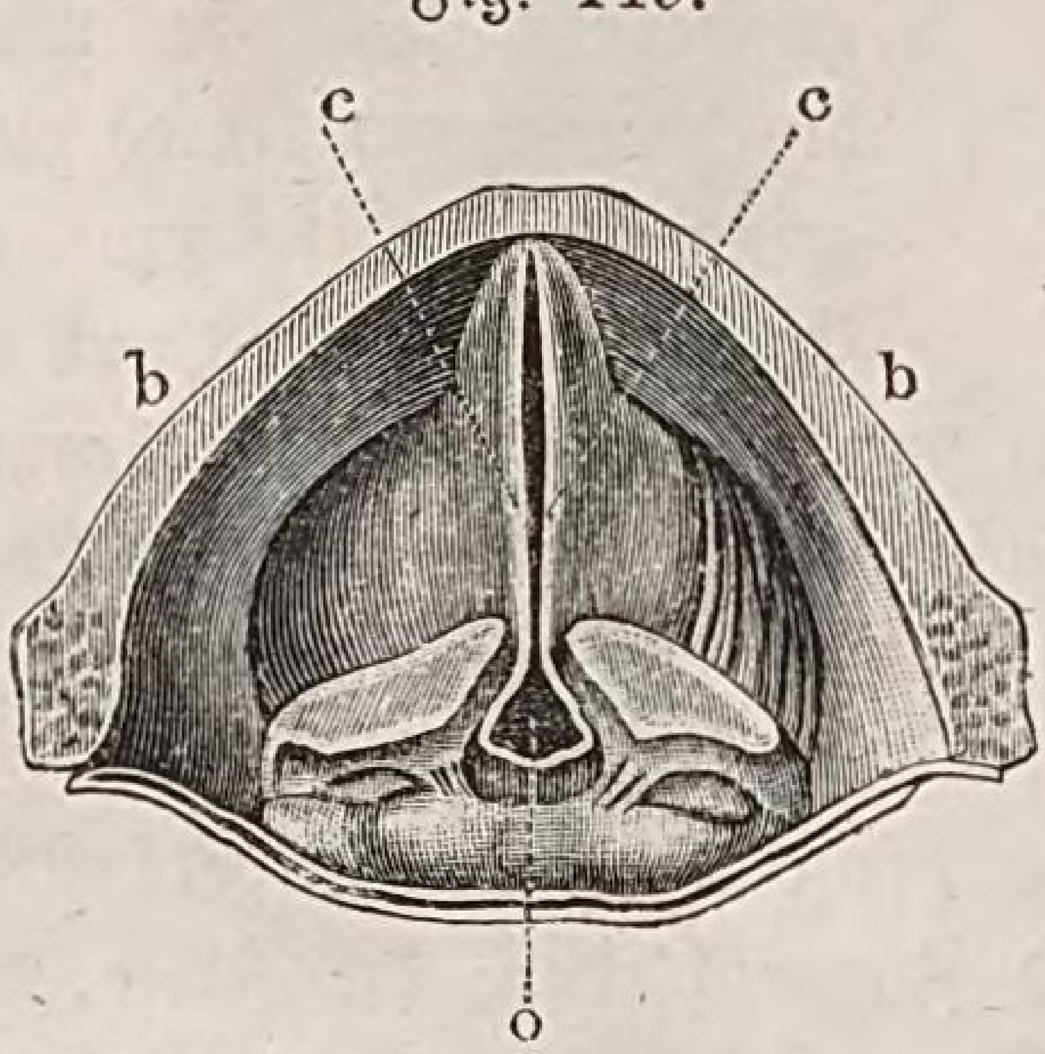
140 **Interferenz des Schalls. Schwebung.** In der Wellenlehre ist (§. 117) gezeigt worden, daß wenn zwei verschiedene Wellensysteme sich begegnen, an der Stelle, wo ein Thal des einen mit dem Berg des andern zusammentrifft, eine Ausgleichung der Schwingung, die sogenannte Interferenz, stattfindet. Auch die sich ausbreitenden Schallwellen zeigen dasselbe Verhalten und es läßt sich dies am leichtesten nachweisen, indem man eine tönende Stimmgabel in der Nähe des Ohres um ihre Achse dreht. Man vernimmt alsdann ein abwechselndes Anschwellen und Abnehmen des Tons. Sind beide Zinken der Gabel in gleicher Entfernung vom Ohr, so befinden sich die von ihnen herkommenden Schallwellen in gleichem Schwingungszustande und verstärken sich; bei ungleicher Entfernung tritt das Gegentheil ein.

Gleich hohe Töne können sich demnach schwächen oder gegenseitig aufheben; sind sie nicht gleich hoch und nur unbedeutend von einander verschieden, so nimmt man ebenfalls ein Anschwellen und Nachlassen des Tons wahr. Man sagt dann, dieselben geben Stöße oder Schwebungen. Wenn der Unterschied in den Schwingungszahlen der beiden Töne größer wird, so nimmt auch die Anzahl der Stöße zu; das Ohr empfindet alsdann den Eindruck, als wäre noch ein dritter Ton vorhanden, welchen man den Combinationston nennt.

Durch das Zusammenwirken der Obertöne eines Tons können ebenfalls Schwebungen entstehen, welche das Zusammenklingen stören und die Töne rauh machen. Man sieht hierin den Grund der Dissonanz. Sind solche Schwebungen nicht vorhanden, so consoniren die Töne. 30 bis 40 Stöße in der Secunde verursachen dem Ohr die unangenehmste Empfindung; bei einer Zahl von mehr als 100 Stößen ist dies schon weniger der Fall. Solche Schwebungen berühren das Gehörorgan in ähnlicher Weise unangenehm, wie das Flackern eines Lichts das Auge.

141 **Menschliche Stimme.** Am oberen Ende der Luftröhre, wo dieselbe sich in den Mund öffnet, befindet sich das Organ der Stimme, der sogenannte Kehlkopf. Er ist durch zwei an der innern Seite der Luftröhre befestigte häutige Organe, die Stimmbänder, Fig. 149, geschlossen, welche einen von vorn nach hinten gehenden Spalt *cc*, die Stimmritze, zwischen sich lassen und verschiedener Spannung fähig sind. Zwischen diesen Bändern muß die Luft hindurchgehen, wenn ein Ton hervorgebracht werden soll. Dieser entsteht in ähnlicher Weise wie bei den Zungenpfeifen; er ist um so höher, je größer die Spannung und je kürzer und enger die Stimmritze ist.

Fig. 149.



Die Mundhöhle nimmt insofern Antheil an der Bildung der Stimme, als sie, ähnlich wie ein auf die Pfeife gesteckter Schallbecher, dieselbe verstärkt und namentlich ihr die eigenthümliche Klangfarbe verleiht.

Das Ohr, das Organ des Gehörs, ist immer doppelt vorhanden, und 142
besteht aus dem äußern und dem innern Ohre. Das äußere Ohr oder die Ohrmuschel *a*, Fig. 150, verengert sich in den Gehörgang, *b*, der durch ein sehr elastisches Häutchen, Trommelfell genannt, verschlossen ist, hinter welchem die Trommelhöhle liegt. Diese Höhle steht durch eine Röhre mit dem Munde in Verbindung, so daß die in derselben befindliche Luft von der äußern Luft keineswegs abgeschlossen ist. Diese Verbindung mit dem Munde macht es erklärlich, daß man bei Harthörigen und gespannt Aufhorchenden häufig den Mund geöffnet sieht. Auch mag diese Röhre zum Verständniß unserer eigenen Worte wesentlich beitragen. In der Trommelhöhle liegen eine Reihe von Knöchelchen, die ihre Namen von der Gestalt haben, nämlich der Hammer, Fig. 151 *m*, der Amboß *o*, der Steigbügel *t*, und das Labyrinth, Fig. 152, welches aus der Schnecke *s*, dem Vorhofe mit dem ovalen Fenster *v* und den halbkreisförmigen Canälen besteht. Der Vorhof und die Schnecke sind mit einer wässerigen Flüssigkeit angefüllt, in welcher sich die letzten Fäden des Gehörnervs *n* verbreiten.

Fig. 150.

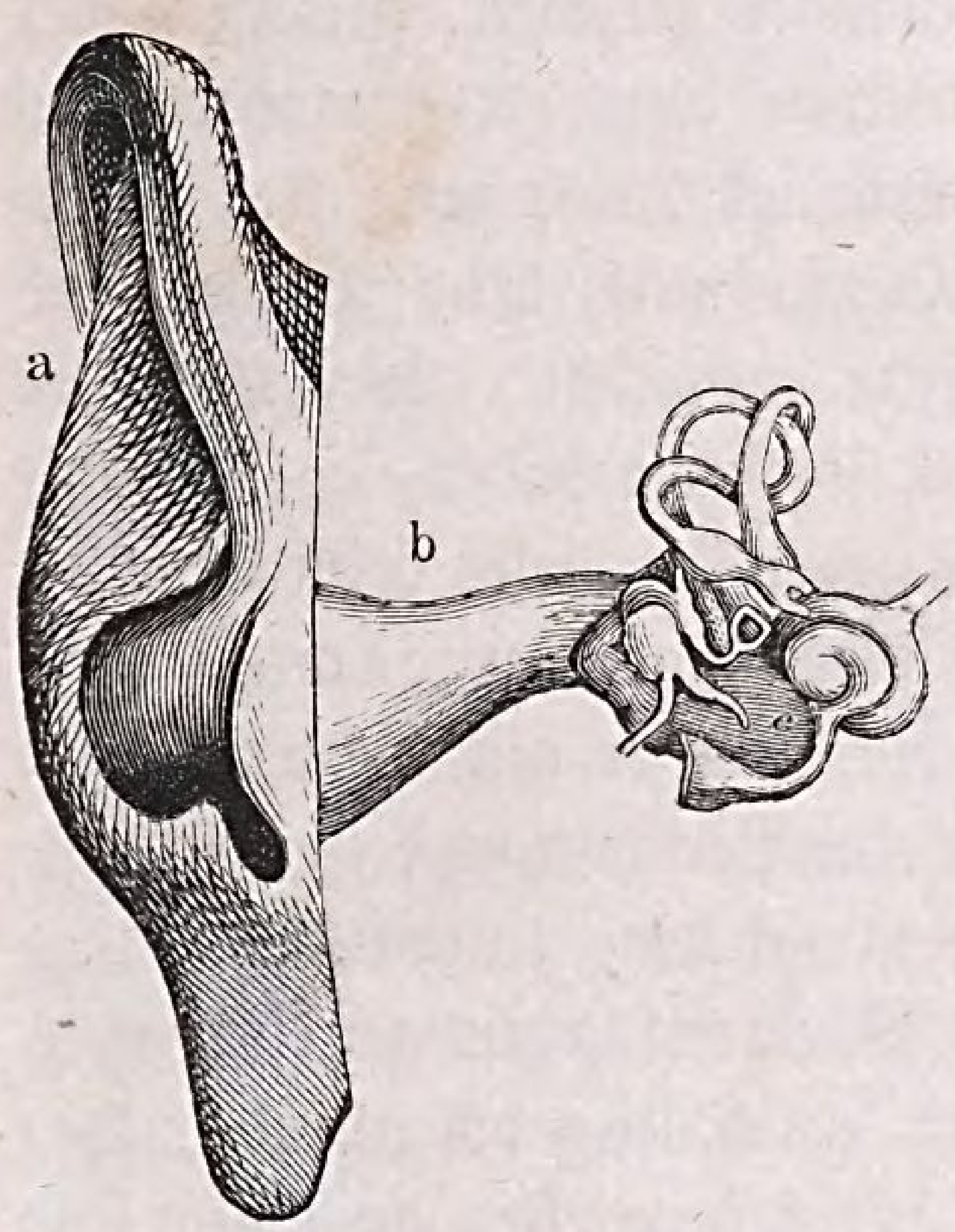
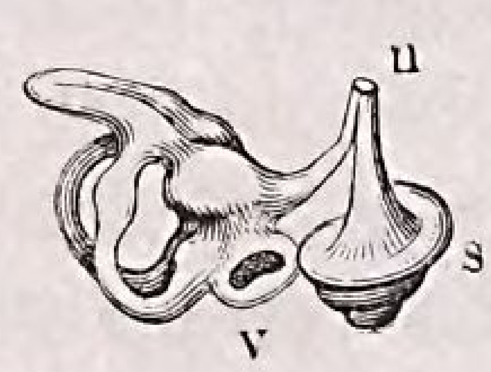


Fig. 151.



Fig. 152.



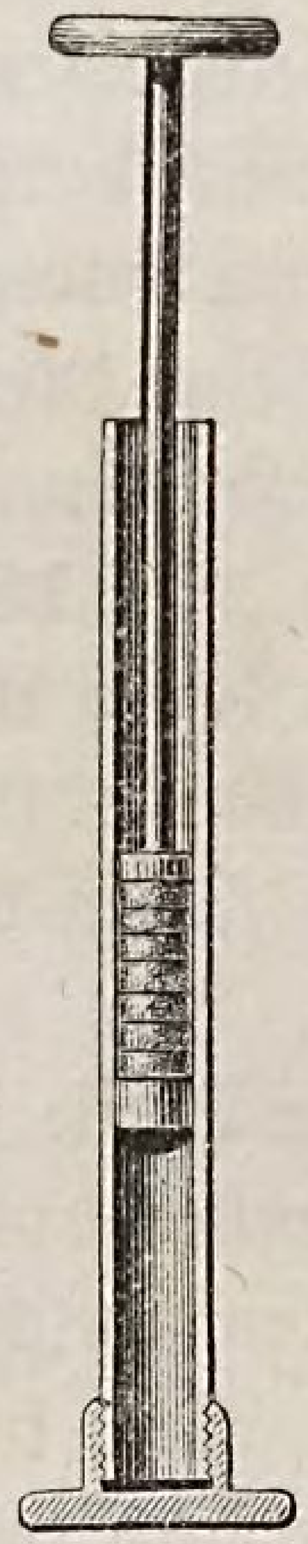
Ohne daß man die Bestimmung aller dieser besonders gebildeten Theile im Einzelnen genau kennt, weiß man im Allgemeinen, daß die Schallwellen durch die Ohrmuschel aufgefangen und nach dem Trommelfell geleitet werden, welches dadurch in Schwingungen versetzt wird, die sich durch die erwähnten festen, kleinen Knochen bis zur Flüssigkeit des Labyrinths und dessen Nervenverbreitung fortpflanzen. Das Wesentlichste am Gehörorgane ist der Gehörnerv, und es kann das Trommelfell verletzt und die Reihe der Knöchelchen unterbrochen sein, ohne daß das Gehör ganz aufhört.

V. Die Wärme.

143 Verschiedene Ursachen versetzen die Materie in Zustände, die wir durch heiß, warm oder kalt zu bezeichnen gewöhnt sind, und die nicht etwas einander Entgegengesetztes, sondern nur verschiedene Grade einer allgemeinen Erscheinung sind, die wir Wärme nennen, und die außer jenen bekannten Eindrücken auf unser Gefühl stets auch von Einfluß auf die Ausdehnung der Körper sind.

Fragen wir nach den näheren Ursachen der Wärme, so finden sich deren mehrere. Sie zeigt sich, wenn zwei Körper an einander gerieben, gestoßen oder geschlagen werden. Es ist bekannt, daß die Wilden durch Aneinanderreiben zweier Holzstücke sich Feuer verschaffen, daß ein Schmied durch geschicktes Hämmern einen Nagel ins Glühen versetzen kann. Ebenso wird beim Drehen und Bohren, namentlich des Metalls, sehr viel Wärme entwickelt. Wenn Körper rasch in einen dichtern Zustand übergeführt werden, so findet dabei eine beträchtliche Wärmeentwickelung Statt. Am auffallendsten zeigt sich dieses beim schnellen und starken Zusammenpressen der Luft in dem sogenannten pneumatischen Feuerzeug, Fig. 153; ferner beim Vermischen von Wasser mit Schwefelsäure oder mit Weingeist, indem hierbei eine Verdichtung dieser Flüssigkeiten unter beträchtlicher Wärmeentwickelung eintritt.

Fig. 153.



Sehr viele und bedeutende Wärmeerscheinungen finden in Folge der im Bereiche der Natur unablässig vorgehenden chemischen Verbindungen Statt. Die bekanntesten derselben sind die sogenannten Verbrennungen, die wir ja häufig anwenden, um uns Wärme zu verschaffen. Aber auch die im menschlichen Körper vorgehende chemische Zersetzung der Speisen ist eine reichliche Quelle der Wärme. Die Elektricität ruft ebenfalls beträchtliche Wärme hervor, wie im größten Maßstabe die Wirkung des Blitzes zeigt.

Außerdem besitzt die Erde an und für sich eine gewisse Wärme, die an ihrer Oberfläche als solche zwar wenig empfunden wird, die jedoch in der Tiefe fühlbarer wird, so daß man Grund hat anzunehmen, daß im Innern der Erde eine sehr gesteigerte Wärme herrscht.

Endlich betrachten wir als Hauptursache der an der Erdoberfläche fühlbaren Wärme die Sonne, die uns täglich neben ihren Lichtstrahlen auch Wärmestrahlen zusendet, ohne deren Einwirkung die ganze Natur der Erde wesentlich eine andere sein würde.

Die Abnahme oder das Verschwinden der Wärme giebt sich unserm Gefühle zu erkennen, bis zum Eintritt der Empfindung, die wir Kälte nennen. Es liegt daher nahe, auch nach dem Grund oder der Quelle der Kälte zu fragen. Indem wir eine Erörterung vom Grundwesen dieser Erscheinungen für später vorbehalten, werde hier bemerkt, daß eine Verminderung der Wärme ein-

tritt, so oft ein Körper in einen weniger dichten Zustand übergeht. Das bekannteste Beispiel hierfür ist die sich fühlbar machende Abkühlung, wenn im Sommer der erwärmte Boden mit Wasser besprengt wird, das sofort verdunstet, also in den luftförmigen Zustand übergeht.

Ausdehnung durch die Wärme. Eine der am meisten ins 144
Auge fallenden, durch die Wärme verursachten Erscheinungen ist die Ausdehnung der Körper. Wir haben schon früher gesehen, daß der feste, flüssige und luftförmige Zustand der Materie lediglich vom Einflusse der Wärme auf dieselbe abhängt.

Beispiele solcher Ausdehnung sind leicht aufzufinden. Man wähle eine Metallkugel und einen Ring von Metall, dessen Oeffnung nicht weiter ist, als daß die Kugel gerade hindurchgeht. Wird alsdann die Kugel erwärmt, so kann man sie auf den Ring legen, da sie wegen der erlangten Ausdehnung nicht mehr hindurchfällt. Läßt man dieselbe längere Zeit liegen, so vermindert sich mit der Abkühlung ihr Umfang und sie fällt wieder durch den Ring.

Ein Gefäß werde genau bis zum Rande mit einer Flüssigkeit angefüllt und diese allmälig erwärmt, so wird sie bald in Folge der Ausdehnung über den Rand des Gefäßes treten.

Man bringe eine zusammengedrückte Blase, die noch ein wenig Luft enthält und deren Oeffnung fest zugebunden ist, an einen höher erwärmten Ort, und sie wird durch die Ausdehnung der eingeschlossenen Luft dieselbe Form annehmen, als ob man sie mit dem Munde aufgeblasen hätte.

Die Ausdehnung der Körper giebt ein sehr werthvolles Mittel ab, um die 145
Wirkungen der Wärme und somit die Steigerung dieser selbst zu vergleichen. Unter Temperatur versteht man den Grad der Erwärmung der Körper und nennt das zur Ermittelung derselben bestimmte Instrument Thermometer.

Auch das Thermometer hat in seiner Einrichtung gleich anderen wichtigen Instrumenten, wie das Pendel und Barometer, den Vorzug großer Einfachheit.

Man wählt zur Verfertigung desselben eine an allen Stellen gleich weite Glasröhre, deren Oeffnung etwa der Dicke einer Nadel gleich sein mag. An das eine Ende derselben wird eine kleine Glaskugel angeblasen und diese nachher mit reinem Quecksilber angefüllt.

Indem man alsdann das Quecksilber erwärmt, dehnt es sich aus, und erfüllt den ganzen Raum der etwa 15 bis 25 Centimeter langen Röhre. Sobald es im Begriffe ist, oben auszutreten, schmilzt man die Röhre zu, so daß dieselbe jetzt keine Luft, sondern nur Quecksilber enthält, welches beim Erkalten wieder auf einen kleinern Raum sich zusammenzieht, so daß es etwa nur den dritten oder vierten Theil der Röhre einnimmt.

Taucht man jetzt die also vorbereitete Röhre in schmelzendes Eis, so wird das Ende der Quecksilbersäule eine bestimmte Stelle einnehmen, die man genau mit einem Striche auf der Glasröhre bezeichnet. Hierauf bringt man das Thermometer einige Zeit in siedendes Wasser und bezeichnet ebenfalls den Punkt, bis zu welchem jetzt das Quecksilber aufsteigt.

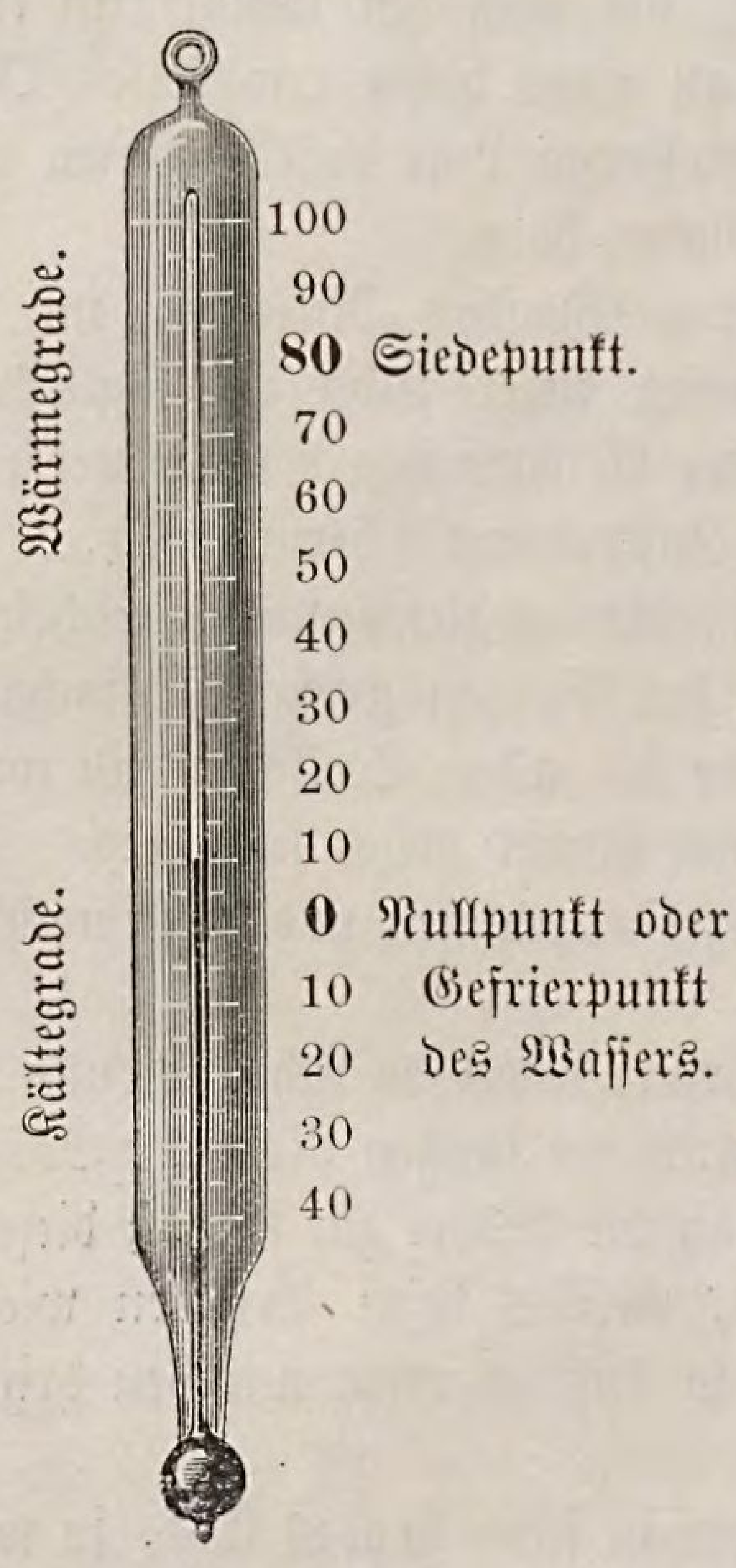
So oft man nun das Thermometer in schmelzendes Eis oder in siedendes Wasser bringt, wird das Quecksilber genau wieder die bezeichneten Stellen einnehmen, und es geht daraus hervor, daß ein Körper bei einer und derselben Temperatur stets denselben Raum einnimmt, und daß dieser Raum um so weniger beträgt, je kälter der Körper ist.

Die Stelle, bis zu welcher das Quecksilber herabsinkt, wenn das Thermometer in schmelzendes Eis taucht, wird mit einer Null bezeichnet und Nullpunkt, Gefrier- oder Eispunkt genannt. An die Stelle, zu der das Quecksilber, in siedendes Wasser getaucht, aufsteigt, schreibt man Siedepunkt oder Kochpunkt.

Wird nun das Thermometer in irgend eine andere Umgebung gebracht, so schließen wir aus der Stelle, die es jetzt einnimmt, auf die Temperatur der Umgebung. Wir nennen sie hoch, wenn das Quecksilber mehr dem Siedepunkte, wir nennen sie niedrig, wenn es dem Gefrierpunkte sich nähert.

Um diese Bestimmungen jedoch genauer zu bezeichnen, wird die Entfernung zwischen jenen beiden Punkten in eine Anzahl gleicher Theile getheilt, die man Grade nennt. Diese Theilung setzt man auch jenseits des Siede- und Gefrierpunktes fort, und nennt die Grade oberhalb des letztern Wärmegrade und bezeichnet sie mit +, während die unter dem Gefrierpunkte liegenden Kältegrade heißen und das Zeichen — erhalten.

Fig. 154.



146 Bei den meisten gewöhnlich gebrauchten Thermometern ist die Entfernung zwischen Gefrier- und Siedepunkt, wie bei Fig. 154, in 80 gleiche Theile getheilt. Diese Eintheilung wurde zuerst von Réaumur gemacht, und nach ihm wird das Instrument noch heute benannt. Bei dem Stande, welchen das Quecksilber in der nebenstehenden Figur einnimmt, zeigt dasselbe 10° R., d. i. zehn Grad Wärme nach Réaumur an. In Frankreich und in wissenschaftlichen Werken bedient man sich dagegen meist des hunderttheiligen oder Centesimal-Thermometers von Celsius, an welchem der Siedepunkt mit 100 bezeichnet ist. In England ist von Fahrenheit wieder eine ganz andere Eintheilung angenommen worden, und die folgende Tafel wird am deutlichsten eine Vergleichung dieser verschiedenen Eintheilungen geben:

Celsius.	Réaumur.	Fahrenheit.
— 20	— 16	— 4
— 10	— 8	+ 14
0	0	32
+ 10	+ 8	50
20	16	68
30	24	86
40	32	104
50	40	122
60	48	140
70	56	158
80	64	176
90	72	194
100	80	212

Wie man sieht, sind je 5 Grad des 100theiligen Thermometers gleich 4 Grad des 80theiligen. Um Irrungen zu vermeiden, wird bei Angabe von Temperaturen gewöhnlich das Thermometer näher bezeichnet. So z. B. heißt + 15° R. 15 Wärmegrade nach Réaumur; oder — 16° C. ist gleich 16 Grad Kälte nach Celsius.

Formeln zur Verwandlung der Grade von Réaumur in Celsius und Fahrenheit und umgekehrt. n = Anzahl der Wärmegrade.

n^0 R. = $\frac{5}{4} n^0$ C. = $(\frac{9}{4} n + 32)^0$ F.
n^0 C. = $\frac{4}{5} n^0$ R. = $(\frac{9}{5} n + 32)^0$ F.
n^0 F. = $\frac{4}{9}(n - 32)^0$ R. = $\frac{5}{9}(n - 32)^0$ C.

Als bemerkenswerth theilen wir einige Temperaturen mit: 147

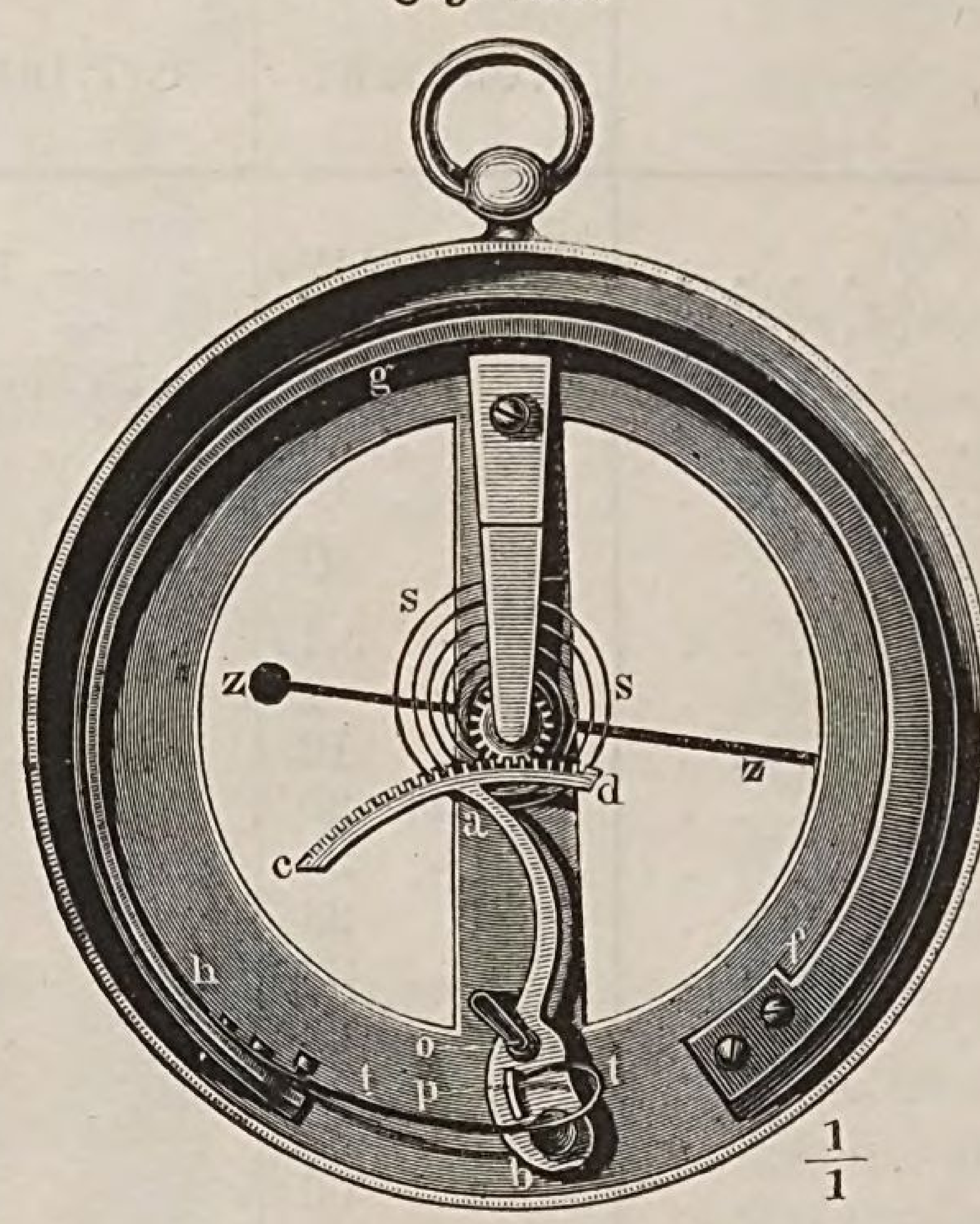
	Réaumur.	Celsius.
Größte künstlich erzeugte Kälte	— 112	— 140
Gefrierpunkt des Quecksilbers	— 32	— 40
Kälte der Polargegend	— 28 bis 32	— 36 bis 40
Strenge Winterkälte	— 10 „ 16	— 12 „ 20
Gewöhnliche Winterkälte	— 5 „ 10	— 6 „ 12
Gefrierpunkt des Wassers	**0**	**0**
Größte Dichte desselben	+ 3,1	+ 4
Mittlere Temperatur von Frankfurt a. M.	7	9
Zimmerwärme	16	20
Gewöhnliche Sommerwärme	15 bis 20	20 bis 25
Sommerhitze	19 „ 28	24 „ 36
Mittlere Temperatur am Aequator	23	29
Körper- oder Blutwärme des Menschen	29	37
Siedepunkt des Aethers	28	35
Körperwärme der Vögel	34	42
Schmelzpunkt des Wachses	54	68
Entzündung des Phosphors	60	75
Siedepunkt des Weingeistes	62	78
Siedepunkt des Wassers	**80**	**100**
Schmelzpunkt des Schwefels	92	115
Schmelzpunkt des Bleies	267	334
Siedepunkt der Schwefelsäure	270	338
Siedepunkt des Quecksilbers	280	350
Schmelzpunkt des Silbers	800	1000
Schmelzpunkt des grauen Gußeisens	980	1200
Schmelzpunkt des Goldes	1000	1250
Schmelzpunkt des Stabeisens	1280	1600

Auffallend erscheint in vorstehender Reihe, daß Wasser bei + 4° C. dichter ist, als Eis. In der That dehnt sich das Wasser, wenn es gefriert, um $^1/_{11}$ seines Volums aus, wird somit specifisch leichter und schwimmt auf dem Wasser. Dieser Ausnahme verdanken wir es, daß im Winter unsere Gewässer nicht bis auf den Grund gefrieren. In völliger Ruhe befindliches Wasser kann auf — 8° bis — 12° erkaltet werden, ohne zu gefrieren; die geringste Erschütterung bewirkt jedoch nachher ein augenblickliches Gefrieren desselben, während zugleich das Thermometer auf 0° steigt, durch das Freiwerden von latenter Wärme.

148 Da Quecksilber bei — 4° C. gefriert, so nimmt man zur Bestimmung sehr niederer Temperaturen Thermometer, die mit rothgefärbtem Weingeist gefüllt sind. Ebenso lassen sich Wärmegrade, die in der Nähe und über dem Siedepunkte des Quecksilbers liegen, durch ein Quecksilberthermometer nicht mehr bestimmen. Die verschiedenen Mittel zur Bestimmung höherer Temperaturen bieten mehr Schwierigkeiten dar, und man benutzt hierzu als das zuverlässigste die Ausdehnung der Luft.

Man hat auch die Ausdehnung fester Körper benutzt, um Thermometer zu verfertigen, und Fig. 155 zeigt uns ein solches Instrument, dessen wesentlichster Theil ein aus Kupfer und Stahl zusammengenieteter und bei f befestigter Metallstreifen fgh ist. Wenn, wie hier der Fall, Kupfer den innern Theil des Streifens bildet, so wird dieser bei zunehmender Temperatur sich etwas strecken und sein freies Ende h wird sich etwas nach Außen bewegen und gleichzeitig den mit ihm durch einen Haken tt verbundenen Hebel aob nach links ziehen. Der an dem Hebel befindliche gezahnte Bogen cd bewirkt mittels eines Getriebes die Drehung eines Zeigers zz, der sich vor einer in der Figur nicht sichtbaren Theilung bewegt, auf welcher die Temperatur abgelesen wird. Die Spiralfeder ss, welche auf der Achse des Getriebes sitzt, bewirkt bei sinkender Temperatur eine Drehung in entgegengesetzter Richtung. Dieses Metallthermometer wird nach einem Quecksilberthermometer regulirt.

Fig. 155.



149 Die Gewalt, mit welcher die Körper durch die Wärme ausgedehnt werden, ist außerordentlich groß. Die stärksten Gefäße vermögen oft nicht, derselben zu widerstehen, wenn sie, mit Flüssigkeit oder Luft angefüllt, fest verschlossen und dann erhitzt werden. Bei den festen Körpern ist es in vieler Beziehung, namentlich bei der Zusammensetzung von Maschinen, von Wichtigkeit, zu wissen

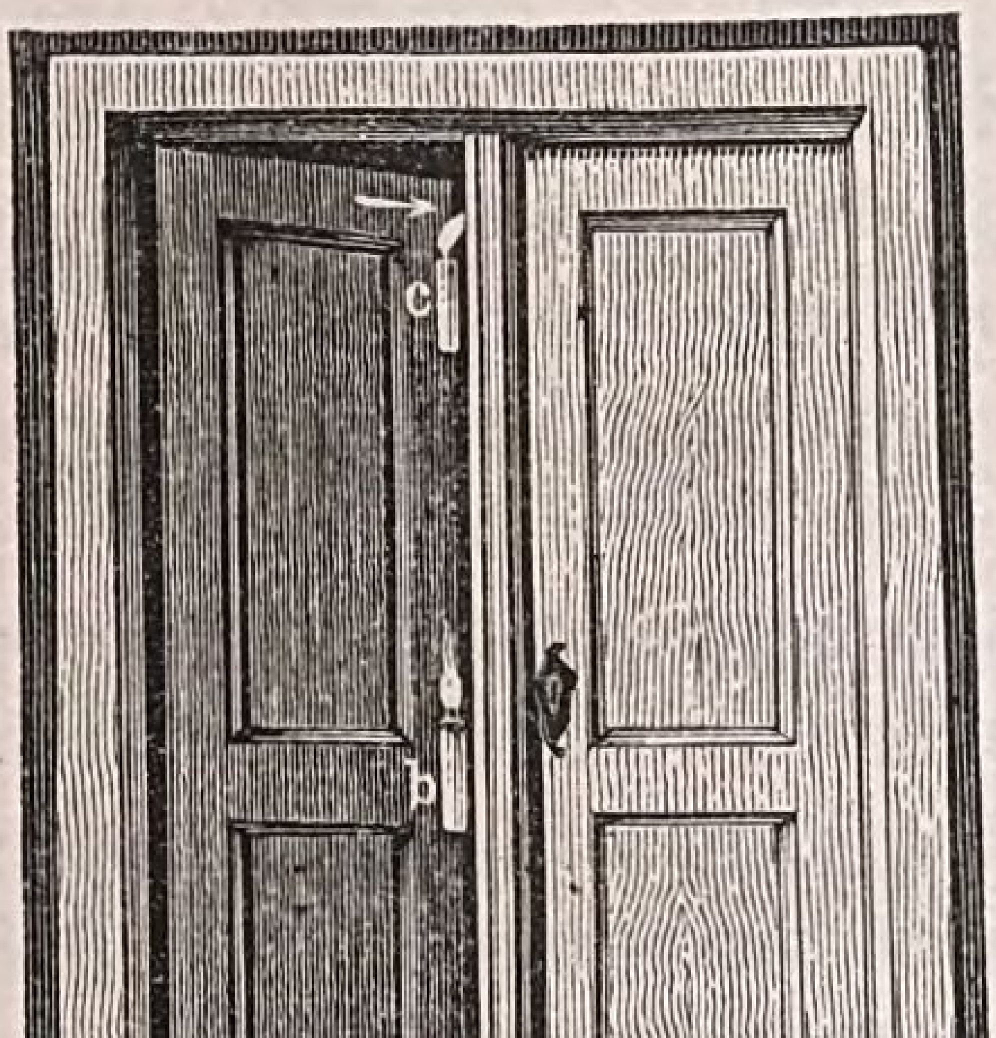
wie stark sie sich bei gewissen Unterschieden der Temperatur ausdehnen, weshalb Bestimmungen der Art mit der größten Genauigkeit angestellt worden sind. Es hat sich ergeben, daß für eine Erhöhung der Temperatur von 0^0 bis 100^0 C. die folgenden Körper um den beigesetzten Bruchtheil ihrer Länge nach sich ausdehnen: Platin um $^1/_{1167}$, Glas $^1/_{1147}$, Stahl, gehärtet, $^1/_{807}$, Eisen $^1/_{819}$, Kupfer $^1/_{584}$, Messing $^1/_{531}$, Blei $^1/_{351}$, Zink $^1/_{340}$. Folglich hat z. B. ein Eisenstab, der bei 0 Grad 819^{mm} lang war, bei 100^0 C. die Länge von 820^{mm}. Wenn die vorstehenden Zahlen mit 2 multiplicirt werden, so erhält man die Vergrößerung des Flächeninhaltes, und wenn sie mit 3 multiplicirt werden, so giebt das Product die Vergrößerung ihres Kubikinhaltes für denselben Grad der Erwärmung an.

Die Ausdehnung der Flüssigkeiten ist noch weit beträchtlicher, denn von 0 bis 100^0 C. dehnen sich aus: Quecksilber um 1,8, Wasser um 4,5, Weingeist und Oel um 10 Procent ihres vorherigen Rauminhaltes, so daß im Handel bei letzteren hierauf Rücksicht zu nehmen ist.

Eine sehr gewöhnliche Erscheinung ist das Zerspringen fester Körper in 150
Folge ungleichmäßiger Ausdehnung, z. B. wenn ein Trinkglas auf den warmen Ofen gestellt wird. Die Erklärung hiervon ist nicht schwierig. Die unteren Theilchen des Glases werden früher erwärmt und ausgedehnt als die oberen, die noch in ihrer vorherigen Lage verharren. Es entsteht dadurch im Innern des Glases eine Spannung, die gewöhnlich dessen Zerspringen veranlaßt. Je dünner das Glas ist, oder je allmäliger es erwärmt wird, z. B. durch Unterlegung von etwas Papier, desto weniger tritt eine ungleiche Spannung und Gefahr des Zerspringens ein.

Eine andere Folge der Ausdehnung der Körper durch die Wärme ist eine 151
Verminderung ihrer Dichte. Dies tritt besonders bei flüssigen und luftförmigen Körpern deutlich hervor. Wird Wasser in einem Gefäße erwärmt, so steigen die unteren Schichten, die zuerst erwärmt und dadurch weniger dicht werden, in die Höhe, während die kälteren nach dem Boden des Gefäßes sich begeben. Es entsteht dadurch in dem Wasser eine Bewegung, die man deutlich an pulverförmigen Körpertheilchen wahrnimmt, welche man in das Wasser gethan hat. Diese Bewegung dauert, bis die ganze Flüssigkeit gleiche Temperatur und folglich gleiche Dichte hat.

Fig. 156.



Noch schneller wird die Luft durch die Wärme in Bewegung gesetzt, und was wir Luftzug nennen ist eine durch Temperaturunterschiede hervorgerufene Bewegung der Luft. In unseren geheizten Zimmern ist bekanntlich die untere Luftschicht oft noch sehr kalt, während die obere bereits erwärmt ist. Daher findet im Winter bei unseren geheizten Zimmern fort-

während ein Entweichen erwärmter Luft durch die oberen Ritzen der Thüren und Fenster Statt, während durch die unteren kalte Luft eintritt. Deutlich kann man sich hiervon überzeugen, wenn man, wie bei Fig. 156 (a. v. S.), ein Licht in die Spalte einer nach Außen geöffneten Thür hält, so daß dessen Flamme die Richtung des bewegten Luftstromes anzeigt. Der Zug der Kamine sowie der Lampen beruht nur darauf, daß die durch das Feuer erwärmte Luft in die Höhe steigt. Von dem Aufsteigen der warmen Luft kann man sich durch einen artigen Versuch überzeugen. Man schneidet ein Kartenblatt in einen spiralförmigen Streifen und hängt diesen mit einem Ende auf einen Strickdraht, den man in eine Kartoffelscheibe steckt und so auf den Ofen stellt. Die aufsteigende Luft dreht nun den Streifen wie eine Schlange um den Strickdraht herum. Ein Luftball von einiger Größe, aus dünnem Papier verfertigt, dessen innere Luft rasch erhitzt wird, steigt zu beträchtlicher Höhe empor und bleibt dort längere Zeit, wenn man ein Gefäß mit brennendem Weingeist in seine unten befindliche Oeffnung gehängt hat.

152 Wenn man von der Dichte eines Körpers spricht, so geschieht dieses immer in Beziehung auf eine bestimmte Temperatur, bei welcher die Dichte bestimmt worden ist. Bei festen und flüssigen Körpern ist jedoch bei geringen Unterschieden in der Temperatur die Dichte nur unbedeutend verschieden. Gewöhnlich bezieht sich die Bestimmung ihrer Dichte auf eine Temperatur von 12° bis 15° C.

Bei luftförmigen Körpern ist dagegen schon bei geringen Unterschieden der Temperatur die Dichte sehr ungleich. Nach den genauesten Beobachtungen dehnen sich nämlich alle Gase für je einen Grad des 100theiligen Thermometers um $^1/_{273}$ oder nahezu $^{11}/_{3000}$ ihres Raumes aus. Demnach werden 273 Kb$^{cm.}$ Luft von 15° C. den Raum von 274 Kb$^{cm.}$ einnehmen, wenn ihre Temperatur auf 16° C. erhöht wird. Auf 14° C. erkaltet, werden sie nur 272 Kb$^{cm.}$ einnehmen.

Außer dem Thermometer sagt uns aber auch das Barometer, daß die Dichte der Luft nicht immer dieselbe ist. Bei hohem Barometerstande ist sie eine andere als bei niederem, mit Wasserdampf vermengt hat die Luft eine andere Dichte als die trockene Luft.

Diese Umstände sind jedoch bei der Bestimmung der Dichte der luftförmigen Körper mit Sorgfalt berücksichtigt worden, und wenn ich (in §. 97) sage: 770 Kb$^{cm.}$ atmosphärischer Luft wiegen 1 Gramm, oder, was dasselbe ist, die Luft ist 770mal weniger dicht als das Wasser, so wird dabei die Bedingung mit einbegriffen, daß diese Gewichtsbestimmung mit trockener Luft bei einem Barometerstande von 76$^{cm.}$ und einer Temperatur von 0° gemacht wurde. Dieselben Bedingungen gelten bei Angabe der Dichte aller übrigen gasförmigen Körper. Da wir aber aus §. 96 wissen, daß die Räume der Gase sich umgekehrt verhalten wie der auf sie ausgeübte Druck, und ferner das Verhältniß kennen, in welchem für jeden Thermometergrad die Gase sich ausdehnen, so läßt sich daraus die Dichte eines Gases für jeden beliebigen Druck und jede Temperatur durch Rechnung finden.

Man wird es nach dem Vorhergehenden leicht erklärlich finden, warum ein Ballon mit erwärmter und dadurch weniger dichter Luft gefüllt in die Höhe steigt.

Es überrascht uns dies ebenso wenig als das Aufsteigen eines unter Wasser getauchten Korkstöpsels. Auch die Erscheinung, daß mitunter auf Höhen Reben oder andere Gewächse nicht erfrieren, während dies im Thale der Fall ist, erklärt sich daraus, daß die wärmere Luft die höhere Stelle einnimmt.

Eine Anwendung wird von der Ausdehnung der erhitzten Luft gemacht, 153
indem man durch sie Maschinen in Bewegung versetzt. Die Ausführung dieser sogenannten Calorischen Maschinen ist in neuester Zeit dem Schweden Ericson nach vielen vergeblichen Versuchen gelungen. Obgleich dieselben den großen Vortheil bieten, daß sie kein Wasser verbrauchen und jede Gefahr einer Explosion ausschließen, so haben sie doch keine verbreitete Anwendung gefunden, da bei längerem Gebrauch durch die Einwirkung der erhitzten Luft die Maschinentheile leiden und unsicher in ihrer Leistung werden.

Sieden. Verdampfen. Wenn man verschiedene Körper einer höheren 154
Temperatur aussetzt, so werden sie entweder zerstört, wie dies bei Pflanzen- und Thierstoffen der Fall ist, oder sie erleiden nur eine Aenderung ihres Zustandes.

Die festen Körper werden bei einer bestimmten Temperatur flüssig. Wir haben in §. 147 den Schmelzpunkt mehrerer Körper angegeben und fügen nur hinzu, daß ein und derselbe Körper immer auch bei einer und derselben Temperatur schmilzt, so z. B. Blei bei 334° C.

Wird ein geschmolzener Körper weiter erhitzt, so tritt endlich ein Punkt ein, in welchem seine Theilchen unter dem Einflusse der Wärme die Eigenschaft der Gase annehmen. Feste und flüssige Körper werden in diesem Zustande Dämpfe genannt. Bei weitem die meisten Körper lassen sich in Dampf verwandeln, viele jedoch erst in sehr hoher Temperatur. In dieser gelingt es jedoch, selbst Metalle, wie Eisen, Kupfer, Platin, dampfförmig zu machen.

Körper, die schon bei verhältnißmäßig niederer Temperatur in Dampf sich verwandeln lassen, heißen flüchtige Körper. Alle Dämpfe beharren so lange in ihrem Zustande, als die Temperatur, die ihnen ihre Entstehung gab, fortdauert. So wie sie jedoch abgekühlt werden, verdichten sie sich alsbald zu Flüssigkeit, und diese kann wieder zu fester Masse erstarren.

Auf der Fähigkeit der Körper, beim Erhitzen Dampfform anzunehmen, 155
beruhen zwei wichtige technische und chemische Operationen, nämlich das Subliniren und Destilliren.

Das erstere besteht darin, daß ein fester Körper in Dampf verwandelt und dieser in geeigneten Gefäßen wieder verdichtet wird. Er legt sich alsdann in der Regel als feiner, pulverförmiger Körper, sogenanntes Sublimat an. Um auf die einfachste Art eine Sublimation vorzunehmen, bediene man sich einer am Ende zugeschmolzenen Glasröhre, in der man ein Stückchen Kampfer erhitzt. Bald geht es in einen weißen Dampf über, der sich als feines Pulver an den oberen, kälteren Theilen der Glasröhre ansetzt.

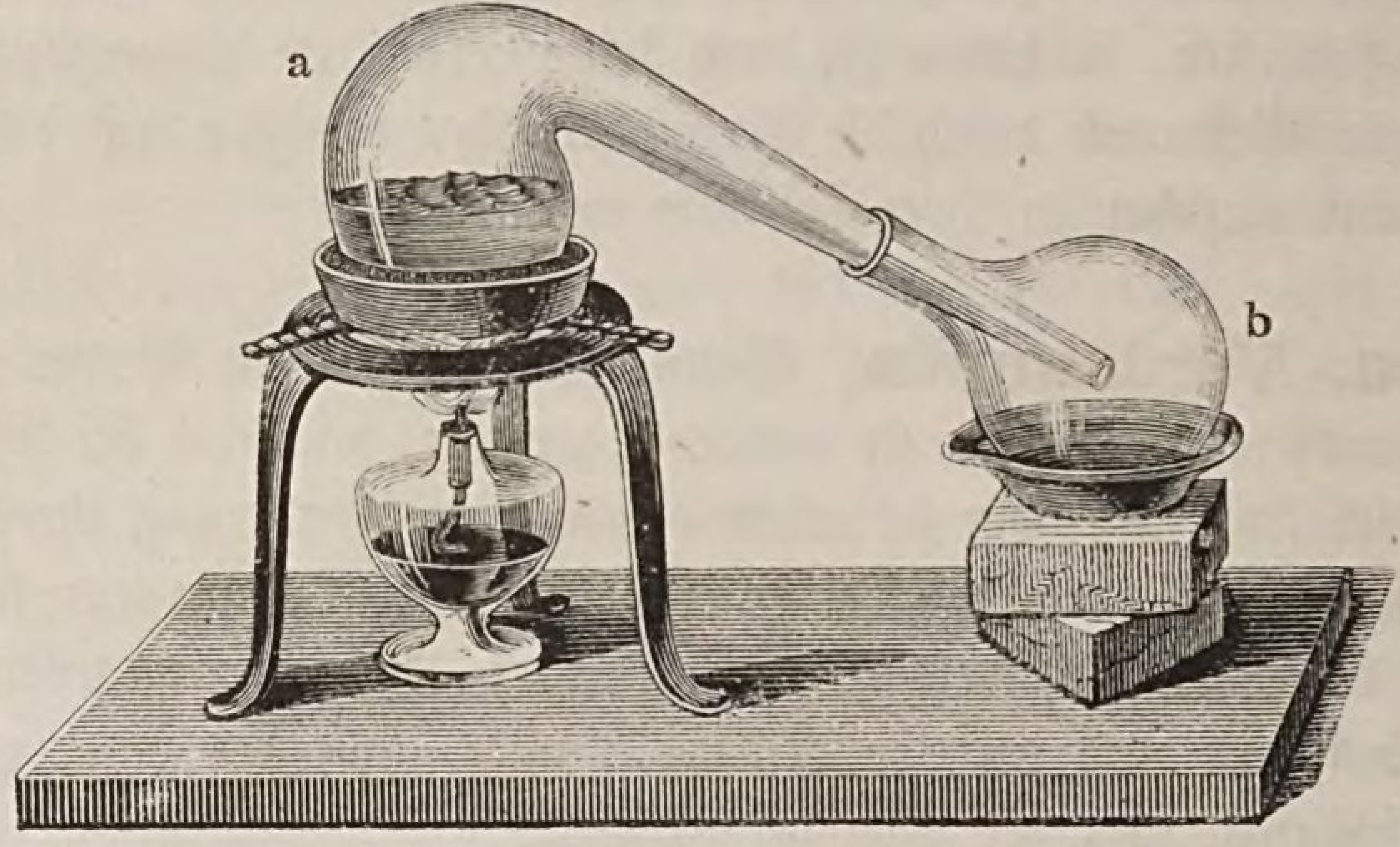
Die Destillation findet eine viel häufigere Anwendung. Man nimmt sie vor, wenn ein Körper, der flüchtig ist, von anderen Stoffen, die gar nicht oder nur in geringerem Grade flüchtig sind, getrennt werden soll. So bezweckt

man z. B. beim Branntweinbrennen den flüchtigen Weingeist von der gegohrenen Maischflüssigkeit zu trennen, und bewirkt dies durch die Destillation.

Eine Vorrichtung zum Destilliren besteht in der Regel aus drei Theilen, nämlich dem Destillirgefäße, worin die Flüssigkeit erhitzt wird, der Kühlvorrichtung, in der die Dämpfe sich verdichten, und der Vorlage, welche zur Aufnahme des Destillats der verdichteten Flüssigkeit bestimmt ist.

Zu chemischen Arbeiten sind diese Theile von Glas. Wie wir an Fig. 157

Fig. 157.

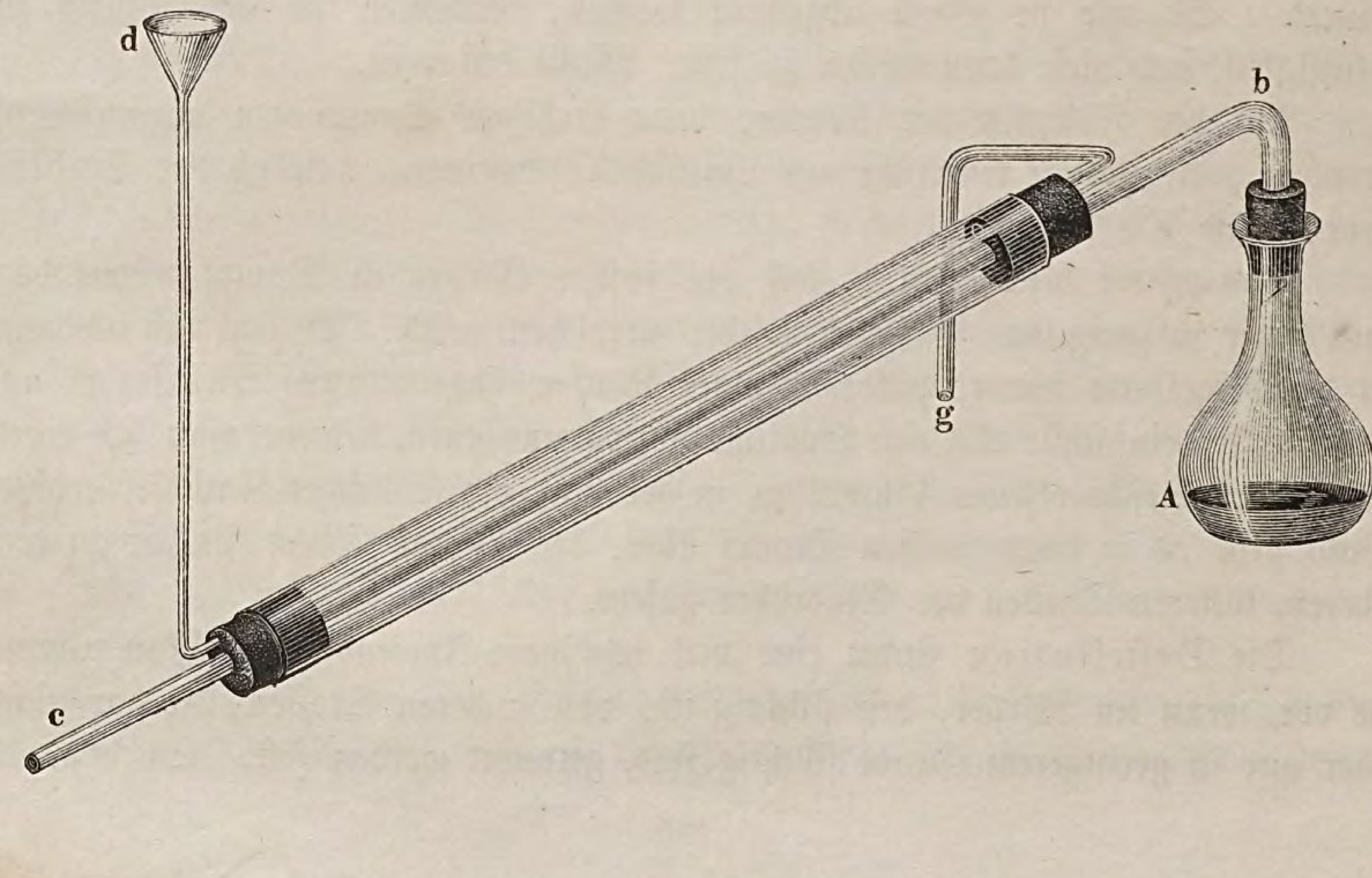


sehen, gelangen die in der Retorte *a* erzeugten Dämpfe im Halse derselben zur Abkühlung, und die destillirte Flüssigkeit wird in dem Kolben *b*, der als Vorlage dient, gesammelt.

Sind jedoch die Dämpfe sehr flüchtig, so bedarf es noch weiterer Hülfsmittel, um sie vollständig abzukühlen und zu verdichten, da sonst ein großer Theil derselben in die Luft entweichen und verloren sein würde.

Für kleinere Mengen dient alsdann vortrefflich der in Fig. 158 dargestellte

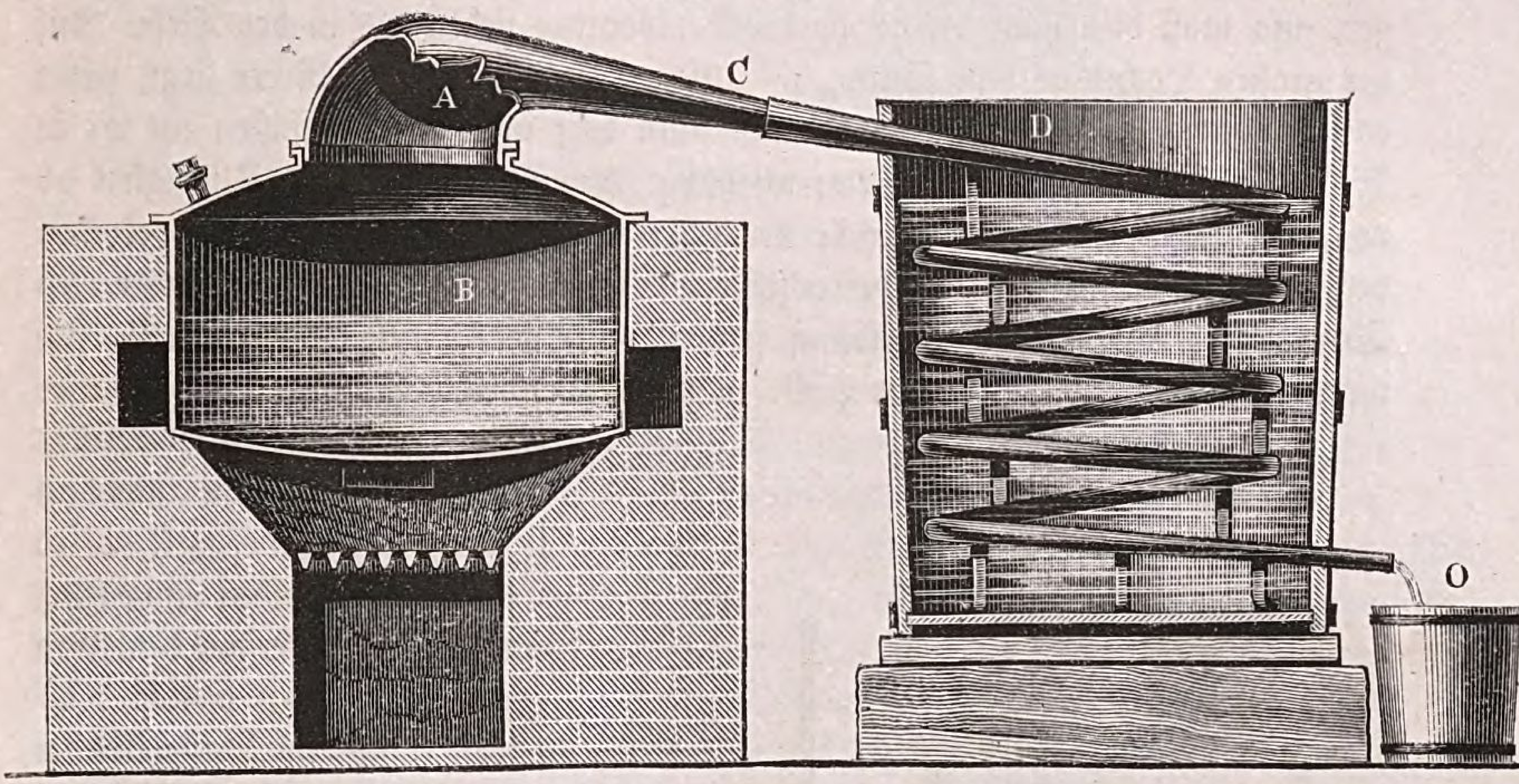
Fig. 158.



Apparat. Die aus dem Destillirgefäße A aufsteigenden Dämpfe gehen durch eine lange Glasröhre bc, die in einer weitern Röhre von Glas oder von Blech steckt. Der Raum zwischen den beiden Röhren ist mit kaltem Wasser angefüllt, welches durch den Trichter d erneuert werden kann, während das erwärmte Wasser oben durch die gebogene Röhre g abfließt; eine bei c anzubringende Vorlage nimmt das Destillat auf.

Zu Destillationen in größerm Maßstabe dient der Apparat Fig. 159. Er besteht aus einem breiten und niedrigen kupfernen Kessel B, auch wohl Blase

Fig. 159.



genannt, auf welchem der Helm oder Hut A sitzt. Der Kessel ist in ein passendes Feuergestell eingemauert. Die in ihm erzeugten Dämpfe streichen durch das kupferne oder zinnerne Schlangenrohr oder Kühlrohr D, dessen lange Windungen in dem Kühlfaß mit kaltem Wasser umgeben sind, so daß nicht leicht ein Theil des Dampfes unverdichtet entweicht.

Man bemerke übrigens, daß es eine unzählige Anzahl verschiedener Vorrichtungen zum Destilliren giebt, daß aber alle, wie sie gestaltet sein mögen, im Wesentlichen mit dem hier Beschriebenen übereinstimmen.

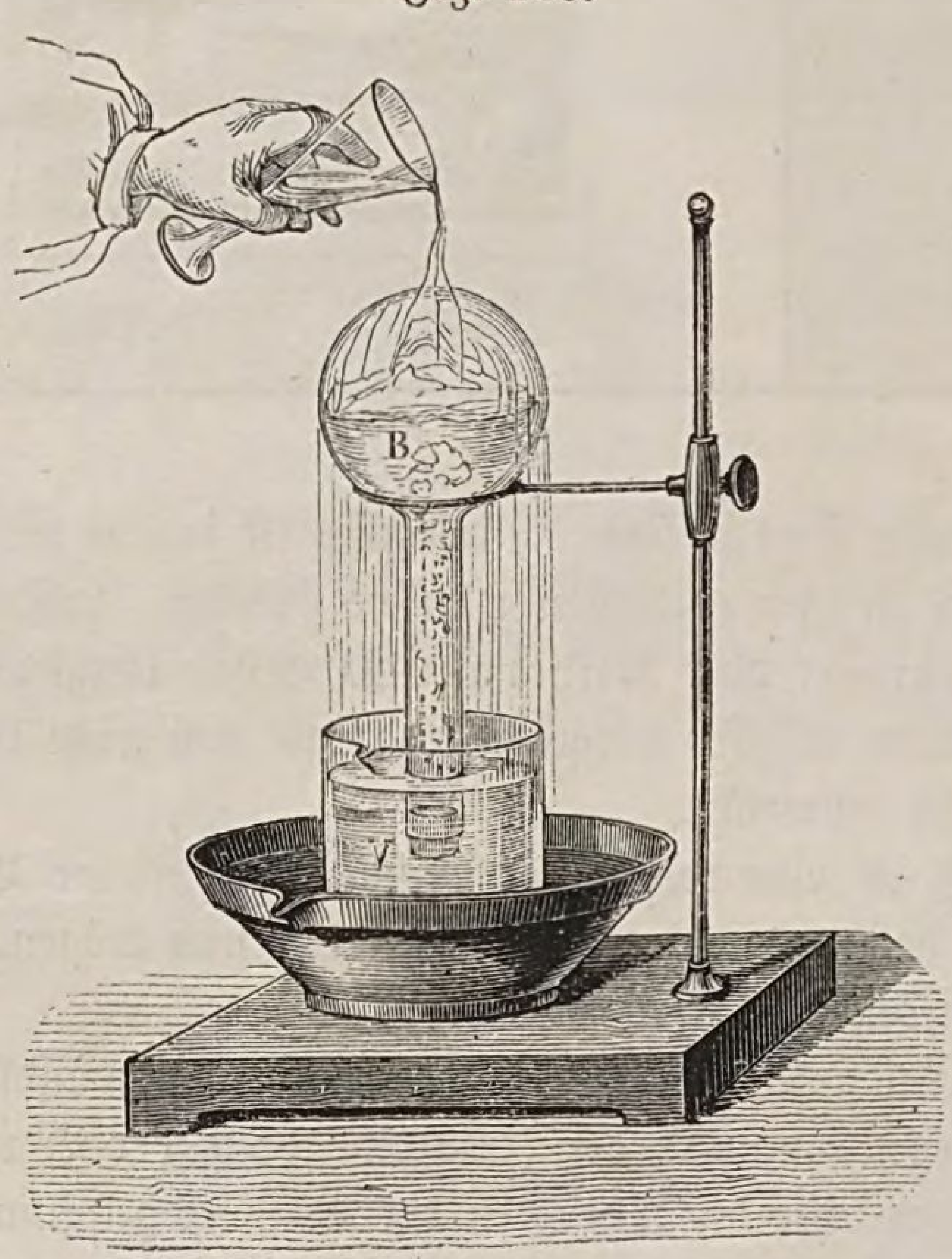
Wenn ich in einem offenen Gefäße Wasser erhitze, so wirkt der Verwandlung 156
desselben in Dampf zweierlei entgegen, nämlich der Zusammenhang der Wassertheilchen und der Druck der Luft, welcher die Theilchen des Wassers zusammendrückt. Beides muß daher bei der Dampfbildung überwunden werden.

Durch fortgesetztes Erhitzen des Wassers bis 100° C. erhalten dessen Theilchen zuletzt ein Bestreben, sich von einander zu entfernen, welches größer ist, als jene entgegenwirkenden Ursachen. Von diesem Zeitpunkte an sehen wir an dem Boden, der untersten Stelle des Gefäßes, Dampfblasen entstehen, die durch das Wasser aufsteigen, es in wallende Bewegung versetzen und dann in die Luft entweichen. Wir nennen diese Erscheinung das Sieden oder Kochen, und die Spannung des Dampfes der aufsteigenden Dampfblasen ist gleich dem

Drucke der Atmosphäre, denn wenn dieses nicht der Fall wäre, so könnten sie sich nicht bilden. Wir können auf diese Weise eine gegebene Wassermenge vollständig in Dampf verwandeln und beobachten, daß während der ganzen Zeit des Kochens das Thermometer nicht über 100° C. steigt, auch wenn wir ein noch so starkes Feuer unter das Gefäß machen. Alle Hitze geht hierbei in den gebildeten Dampf über.

Wenn wir Wasser auf einem hohen Berge zum Sieden bringen, und ein Thermometer hineinstellen, so steigt dieses nicht auf 100° C. Der Grund hiervon ist leicht nachweisbar. Der Druck der Luft auf das Wasser ist hier geringer, also muß dies auch bei geringerer Temperatur sieden als in der Tiefe. Auf der großen Hochebene von Quito, die 2900 Meter über dem Meere liegt, siedet das Wasser schon bei 90° C. und man kann dort in offenen Gefäßen ein Ei in Wasser nicht hart sieden. Demnach hängt der Siedepunkt einer Flüssigkeit ab von dem auf ihr lastenden Druck; vermehrt man letzteren, so wird das Kochen verzögert, d. h. es tritt erst bei erhöhter Temperatur ein, vermindert man den Druck, so erfolgt die Dampfbildung früher, wie durch mehrfache Versuche sich nachweisen läßt. Man bringt z. B. in dem Glaskolben *B*, Fig. 160, Wasser einige Zeit lang zum Sieden und verschließt ihn alsdann luftdicht mit einem Kork. Wird nachher der Kolben umgekehrt und etwas Wasser auf denselben gegossen, so fängt das in demselben befindliche Wasser wieder an lebhaft zu kochen. Durch das längere Kochen ist nämlich alle Luft aus dem Kolben entfernt worden; auf dem darin befindlichen Wasser lastet jetzt nur der Druck des zugleich eingeschlossenen Dampfes. Wird dieser durch Aufgießen von kaltem Wasser verdichtet, folglich der Druck vermindert, so tritt sogleich wieder Kochen, d. i. Dampfbildung ein.

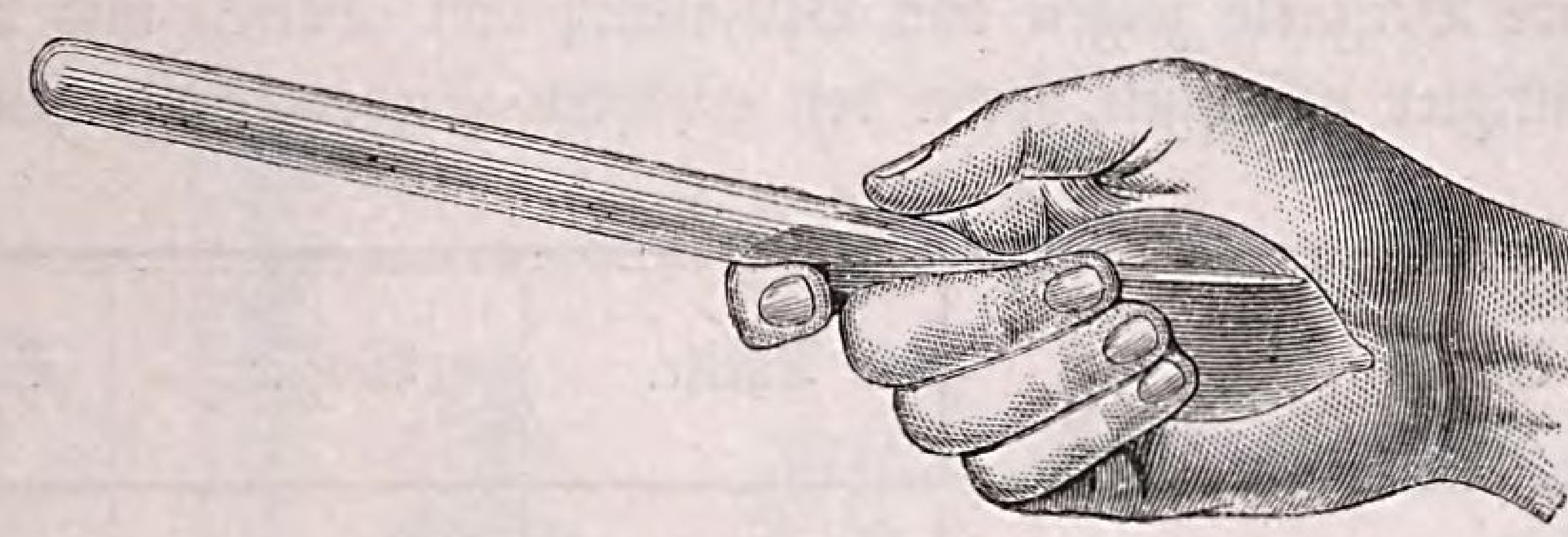
Fig. 160.



Auf ähnliche Weise oder vermittels der Luftpumpe läßt sich auch die Luft aus dem sogenannten Wasserhammer oder Pulshammer, Fig. 161, entfernen. Derselbe besteht aus einer Glasröhre, die sich unten verengert und dann eine birnförmige Erweiterung hat, die etwa zu drei Viertel mit Wasser gefüllt ist. Nimmt man letztern Theil in die Hand und neigt die Röhre bis etwas Wasser in die Verengerung eintritt, so nehmen die durch die Wärme der Hand sofort entstehenden Dämpfe ihren Weg durch die Flüssigkeit und ver=

setzen sie in wallende Bewegung. Indem durch längeres Sieden alle Luft aus dem Wasser entfernt wird, nimmt dessen Cohäsion so zu, daß es beim Schütteln in diesen Gefäßen an deren Wandung anschlägt mit der Stärke und dem Klange eines festen Körpers.

Fig. 161.



Aber auch ohne daß man das Wasser erwärmt verwandelt sich dasselbe in Dampf, wenn es frei an der Luft steht. Diese freiwillige Verdampfung, welche Verdunstung genannt wird, erfolgt jedoch viel langsamer, da bei ihr die Dampfbildung nur an der Oberfläche einer Flüssigkeit stattfindet, während sie beim Verdampfen im Innern derselben geschieht. Daher verdunstet eine gegebene Wassermenge um so schneller, je größer ihre Berührungsfläche mit der Luft, je trockener und wärmer diese ist, und je rascher neue Luftschichten über das Wasser hinstreichen.

Bekanntlich nimmt Wasser wenn es auf eine stark erhitzte Metallplatte 157
gegossen wird, die Gestalt kleiner Kugeln an, welche hin- und herfahren und nur sehr langsam verdampfen. Man bezeichnet dieselben mit dem Namen der Leidenfrost'schen Tropfen, nach dem Beobachter, der zuerst diese Erscheinung verfolgte. Weitere Versuche ergeben, daß Flüssigkeiten überhaupt unter geeigneten Umständen den sogenannten sphäroidalen Zustand anzunehmen vermögen. Am besten läßt sich derselbe nachweisen, wenn in eine im Rothglühen erhaltene Schale von Silber nach und nach Wasser eingetragen wird. Dieses rundet sich ab, wie Quecksilber und geräth, ohne zu kochen, in eine rasch drehende Bewegung. Es beruht dies darauf, daß eine zwischen dem Wasser und dem glühenden Metall sich bildende Dampfschicht die gegenseitige Berührung verhindert, so daß die Wärme nur sehr langsam in ersteres übergeht. Wird durch Entfernung der Flamme das Metallgefäß abgekühlt, so beginnt das Wasser plötzlich mit der größten Lebhaftigkeit zu kochen, und wird nach allen Richtungen hin geschleudert. Man erkennt hierin eine der Veranlassungen der Explosionen von Dampfkesseln. Wenn nämlich in einen bei allzu niederm Wasserstand glühend gewordenen Dampfkessel Wasser eintritt, so kann dieses anfänglich den sphäroidalen Zustand annehmen, dann aber plötzlich eine massenhafte Dampfentwickelung mit Explosion bewirken.

Merkwürdig ist der sogenannte Siedeverzug, der unter gewissen Bedingungen bei Flüssigkeiten sich zeigt. So kann vollkommen luftfreies Wasser in luftfreien Gefäßen, oder Wasser in heißem Oel auf 110°, ja 150° erhitzt werden ohne zu sieden. Eine geringe Erschütterung ruft jedoch plötzlich das heftigste Kochen hervor, und man glaubt auch hierin einen Grund mancher Explosionen von Dampfkesseln vor sich zu haben.

158 Löst man gewöhnliches Salz oder andere Salze, Zucker oder andere Substanzen im Wasser auf, so muß man diese Auflösungen höher als auf 100° C. erhitzen, bis sie ins Sieden gerathen. Die meisten Speisen, die in unseren Küchen kochen, haben eine solche höhere Temperatur, weshalb sie heftigere Verbrennungen veranlassen können als siedendes Wasser an und für sich.

Nachstehende Beispiele zeigen das Verhältniß von Salzen und Wasser zur Herstellung gesättigter Lösungen, sowie den erhöhten Siedepunkt derselben.

Salz.	Theile.	Wasser.	Siedepunkt.
Kohlensaures Natron	48	100	104,6° C.
Chlornatrium	59	100	108,4
Salpetersaures Kali	335	100	115,9
Kohlensaures Kali	205	100	133,0
Salpetersaures Kali	362	100	151,0
Chlorcalcium	325	100	179,0

159 **Von den Dämpfen.** Das Mariotte'sche Gesetz (§. 96) hat uns gelehrt, daß die Spannkraft der eingeschlossenen Luft um so stärker wird, auf einen je kleinern Raum man dieselbe zusammendrückt. Diesem Gesetze gemäß verhalten sich alle Luftarten; einige derselben jedoch nur innerhalb einer gewissen Grenze. Wenn z. B. die Kohlensäure einem stets zunehmenden Druck unterworfen wird, so verstärkt sich zwar auch fortwährend ihre Spannkraft, allein plötzlich geht sie aus dem luftförmigen Zustand in den flüssigen über. Gerade so verhalten sich die meisten übrigen Gase, wie Chlorgas, Leuchtgas u. a. m. Wird der Druck vermindert, so nimmt ein Theil des zu Flüssigkeit verdichteten Gases wieder Luftform an. Nur drei Gase, nämlich Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, sowie die aus einem Gemenge der beiden letzteren bestehende atmosphärische Luft lassen sich auch durch den stärksten Druck nicht flüssig machen und werden daher permanente, d. i. stetige Gase genannt.

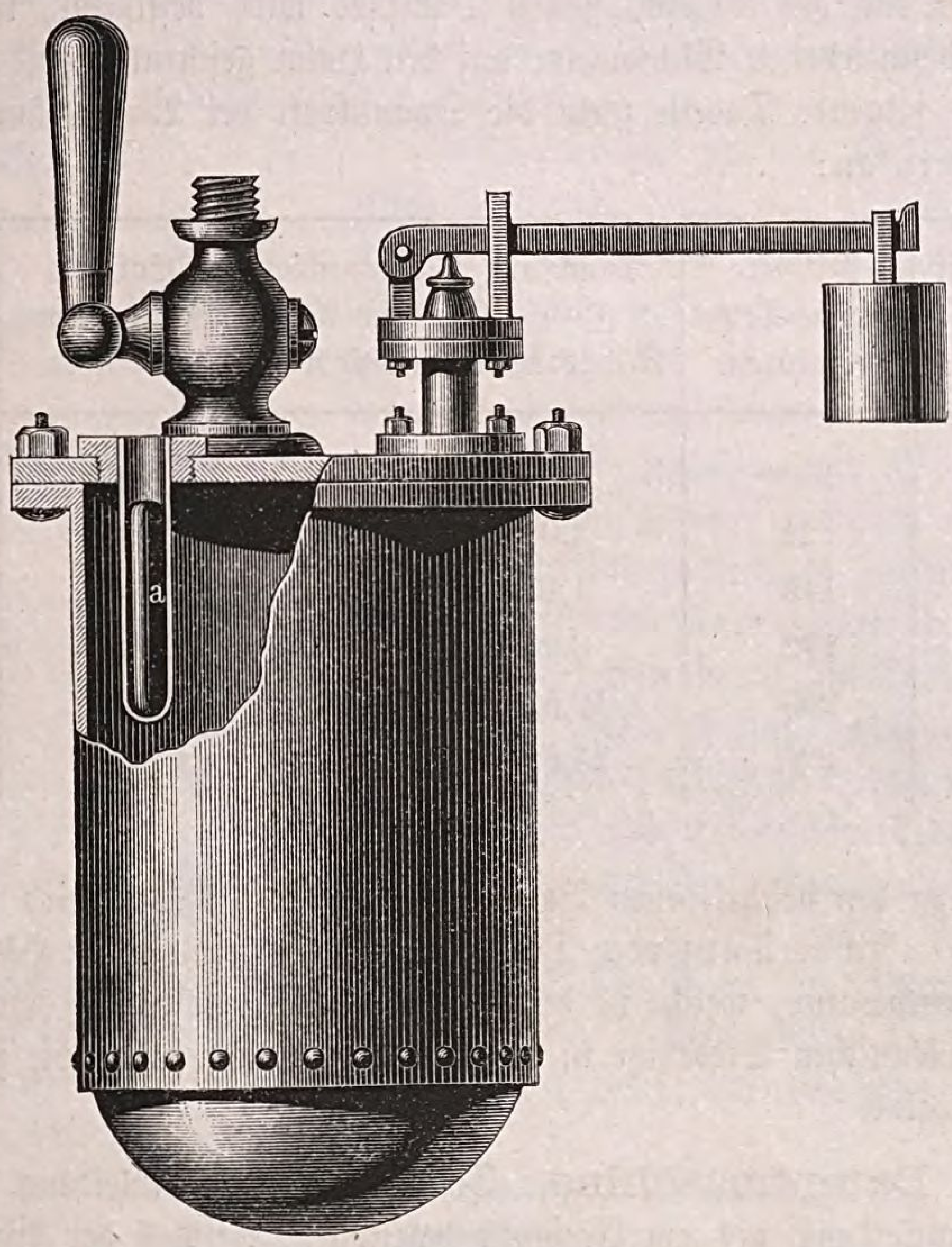
Mit dem Namen der Dämpfe bezeichnet man dagegen solche gasförmige Körper, die bei der gewöhnlichen Temperatur und bei dem mittlern Drucke der Luft noch flüssig sein können, wie z. B. Wasser, Weingeist, Aether u. a. m.

Solche Dämpfe unterscheiden sich von den Gasen wesentlich darin, daß sie dem Mariotte'schen Gesetze nicht folgen. Denken wir uns einen Raum bis zur Sättigung mit Dampf erfüllt, so wird letzterer bei vermehrtem Drucke nicht eine vermehrte Spannkraft annehmen, sondern ein Theil desselben wird in den flüssigen Zustand übergehen und der Rest die vorherige Tension behalten.

160 Erhitzt man dagegen Wasser in einem verschlossenen Gefäße, so daß die gebildeten Dämpfe nicht entweichen können, alsdann steigt die Temperatur des Wassers fortwährend und es nehmen zugleich die eingeschlossenen Dämpfe eine

immer wachsende Spannkraft an, welche endlich eine furchtbare Stärke erreichen. Man nimmt daher zu solchen Versuchen sehr starke eiserne Gefäße und Fig. 162 zeigt uns einen hierfür eingerichteten kleinen Dampfkessel. In dem luftdicht aufgeschraubten Deckel befinden sich drei Oeffnungen; die eine wird durch ein Ventil

Fig. 162.



geschlossen, das mit einem Gewicht belastet ist, welches an dem einarmigen Hebel verschoben werden kann; die zweite Oeffnung enthält ein Röhrchen mit Quecksilber *a*, in welches ein Thermometer eingelassen werden kann zur Beobachtung der Temperatur; auf der dritten sitzt ein kurzes Rohr, das durch einen Hahn verschlossen werden kann und ein Gewinde hat zum Aufschrauben anderer Röhren.

Wird der etwa bis zu zwei Drittel mit Wasser gefüllte Kessel bei geöffnetem Ventil erhitzt, so siedet jenes bei 100° C. Schließt man gleichzeitig Hahn und Ventil, so steigt bei gehöriger Belastung des letztern das Thermometer, die Spannkraft der Dämpfe wächst, bis endlich das Ventil gehoben wird und dieselben entweichen. Je weiter das Gewicht vom Stützpunkt des Hebels abgerückt wird, um so größer wird der Druck auf das Ventil und der Dampf muß alsdann einen entsprechend größern Druck ausüben, um es zu heben. Belastet man es so, daß auf ein □cm. seines Querschnitts ein Druck von 2 Pfd. = 1 Kilogr. kommt (vergl. §. 101), so muß der eingeschlossene Dampf zu dessen Hebung einen

Druck von zwei Atmosphären ausüben. Die Temperatur des Wassers ist hierbei auf 121° C. gestiegen und der Dampf bläst jetzt zum Ventil heraus. Das letztere dient als Sicherheitsventil, wenn es nur mit soviel Gewicht belastet wird, daß durch das Abblasen des Dampfes das Ventil schon früher gehoben wird, als ein Zerspringen des Kessels eintreten kann.

Der Druck des eingeschlossenen Dampfes wird bestimmt, indem eins der in §. 106 beschriebenen Manometer auf den Hahn geschraubt und dieser geöffnet wird. Die folgende Tabelle giebt die Spannkraft der Wasserdämpfe für höhere Temperaturen an:

Spannkraft in Atmosphären.	Entsprechende Temperaturen.	Druck auf 1 □cm. in Kilogramm.	Spannkraft in Atmosphären.	Entsprechende Temperaturen.	Druck auf 1 □cm. in Kilogramm.
1	100°	1,03	50	265	51,65
2	121	2,06	100	311	103,3
4	145	4,10	200	363	206,6
8	172	8,26	400	423	413,2
16	203	16,52	800	492	826,4
25	226	25,82			

Ein zu den beschriebenen Versuchen geeigneter Kessel wird nach dem Erfinder Papin'scher Topf oder Digestor genannt, und bei der Höhe des Druckes und der Temperatur, welche in demselben herrschen, lösen sich Gegenstände, die bei der gewöhnlichen Siedehitze in Wasser nicht löslich sind, wie z. B. Knochen und Wasserglas.

161 **Die Dampfmaschine.** Es wurde in der Einleitung die Erfindung der Buchdruckerkunst als ein Ereigniß bezeichnet, welches der Wissenschaft eine ewige Dauer sicherte, welches ihr eine Ausdehnung und einen Zufluß von Hülfsmitteln gewährte, ohne die der hohe Standpunkt, welchen sie jetzt einnimmt, nicht erreicht worden wäre.

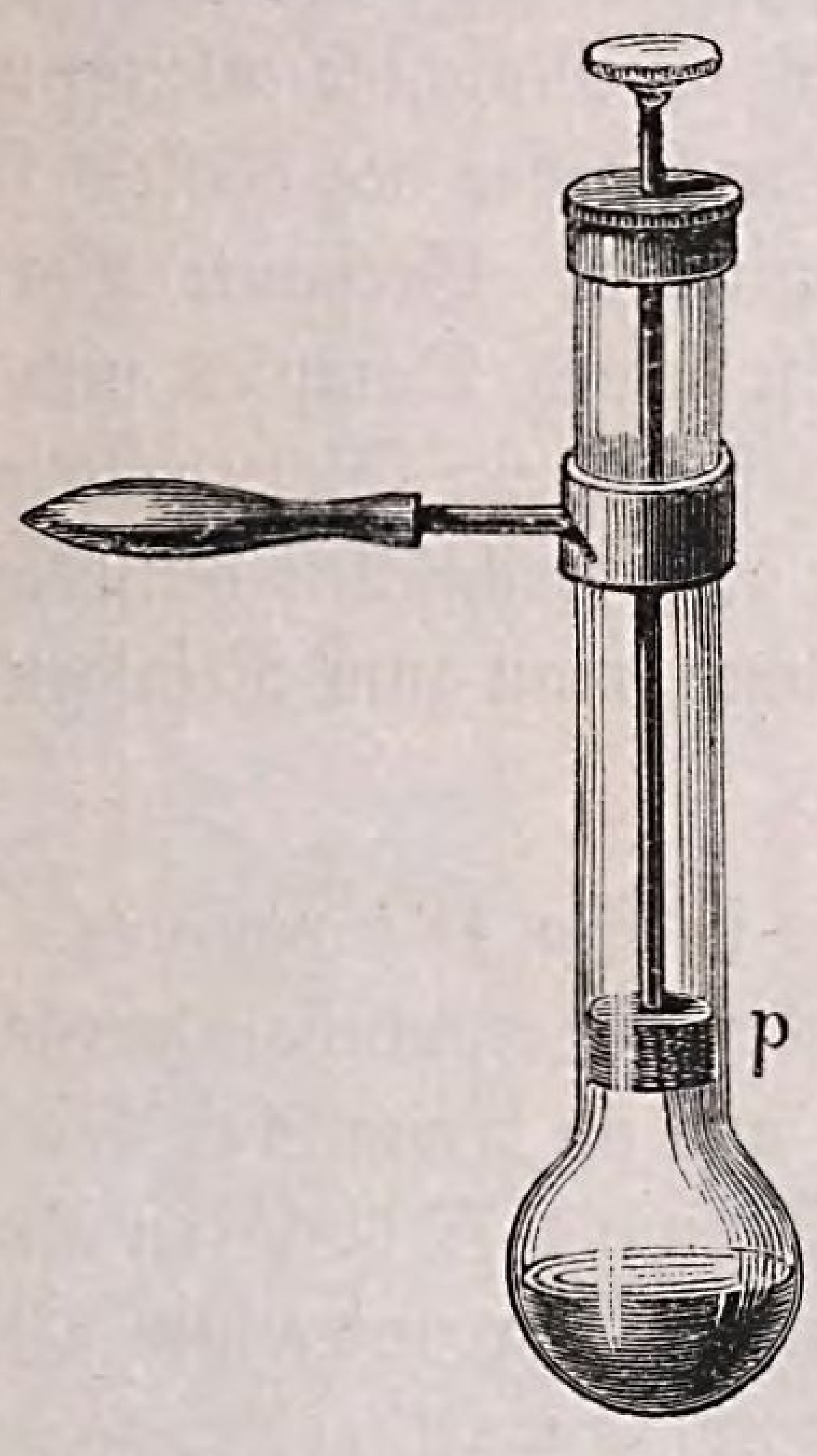
Von ähnlicher Wichtigkeit ist die Erfindung der Dampfmaschine für den Verkehr und die Gewerbe. Sie leiht dem Menschen Hunderttausende von Armen, sie ersetzt ihm Tausende von Zug- und Lastthieren. Sie macht den Schiffer unabhängig von Wind und Strömung, sie setzt unsere Mühlen in Bewegung, gleichgültig, ob der Mühlbach versiecht oder auf den Grund gefroren ist, sie überwindet jede Last mit Leichtigkeit und jede Entfernung mit der Geschwindigkeit des Windes.

Und wie denn jede bedeutende Umgestaltung in den äußeren Verhältnissen des Menschen auf dessen Inneres von Rückwirkung ist, so ist der mittelbare Einfluß der Dampfkraft auf die geistigen Zustände des Menschen nicht minder wichtig.

Wenn es die Aufgabe der Buchdruckerkunst wurde, Gedanken und Ideen zu verbreiten und zu verewigen, so ist es wesentlich Aufgabe der Dampfmaschine, Thatsachen zu fördern und Anschauungen zu gewähren; wenn jene die Geister aller Jahrhunderte verknüpft, so vermittelt diese die Personen der Gegenwart.

Es gebührt daher der Betrachtung der Dampfmaschine hier vorzugsweise eine Stelle, damit uns ihr Wirken nicht als etwas Wunderartiges, Dämonisches erscheine, sondern als ein bewundernswerthes Beispiel, wie die Kräfte der Natur dem Geiste dienstbar gemacht werden können.

Fig. 163.



Wähle ich das gläserne Gefäß, Fig. 163, 162
dessen Oeffnung durch den luftdicht passenden Kolben *p* verschlossen ist, so wird beim Erhitzen des darin befindlichen Wassers sehr bald die Spannkraft des eingeschlossenen Dampfes diesen Kolben in der Röhre in die Höhe schieben. Ist dieses geschehen, und ich nehme rasch das Gefäß vom Feuer, wodurch die Dämpfe plötzlich verdichtet werden, so entsteht offenbar ein luftverdünnter Raum unter dem Kolben. Derselbe wird nun durch den Druck der Luft wieder in der Röhre heruntergeschoben.

Wir haben in diesem einfachen Versuche, in diesem Auf- und Niederschieben des Kolbens die Grundlage der Einrichtung aller Dampfmaschinen.

Die Wirkung einer Dampfmaschine ist also Folge der Spannkraft des eingeschlossenen und über den Siedepunkt erhitzten Wasserdampfes, und die Größe ihrer Wirkung ist abhängig von der Spannkraft des in ihr verwendeten Dampfes und von der Oberfläche des Kolbens.

Gesetzt, der Dampf habe eine Spannkraft, die gleich ist dem Drucke der Atmosphäre, und die Oberfläche des Kolbens betrage ein Quadratmeter, welches gleich 10 000 $\square^{\text{cm.}}$ ist, so wird nach §. 101 der Kolben mit einer ebenso großen Kraft abwärts gedrückt, als ob wir ihn mit 20 000 Pfd. belastet hätten. Wendet man aber Dampf von der drei- oder vierfachen Spannkraft an, so steigt auch die Wirkung der Maschine um das Drei- oder Vierfache.

Maschinen, welche Dampf von geringer Spannkraft anwenden, heißen **Niederdruckmaschinen**, während solche, die Dampf von großer Spannkraft benutzen, **Hochdruckmaschinen** genannt werden.

Man sei jedoch nicht der Meinung, daß Niederdruckmaschinen weniger Kraft zu entwickeln im Stande wären als Hochdruckmaschinen. Bei letzteren ist der Durchschnitt des Cylinders kleiner, wodurch das Verhältniß ausgeglichen wird. Denn man wird offenbar ganz gleiche Wirkungen hervorbringen durch den Druck von **einer** Atmosphäre auf einen Kolben von **vier** Quadratfuß Oberfläche, oder durch den Druck von **vier** Atmosphären auf eine Kolbenfläche von **einem** Quadratfuß.

In dem letztern Falle ist natürlich der Umfang der Maschine geringer, namentlich weil man den Dampf von der einen Seite des Kolbens nicht durch Verdichtung, sondern dadurch entfernt, daß man ihn in die Atmosphäre entweichen läßt, wodurch die Maschine um vieles einfacher wird.

163 **Der Dampfkessel.** Die Erzeugung des Dampfes geschieht in eisernen oder kupfernen Kesseln. Ihre Form ist sehr verschieden, jedoch immer so, daß dem Feuer möglichst viel Oberfläche dargeboten wird. Gewöhnlich wählt man die Gestalt einer an beiden Enden verschlossenen Röhre, die ganz vom Feuer umgeben ist. Auf diese Weise gelingt es, eine große Menge Wassers schnell in Dampf zu verwandeln, der durch eine Röhre nach der Maschine geleitet wird. Die Dicke der Kesselwände richtet sich nach dem Durchmesser des Kessels sowie der Spannkraft der Dämpfe und ist gesetzlich bestimmt. Geeignete Vorrichtungen an dem Dampfkessel lassen die Spannkraft seines Dampfes und den Wasserstand erkennen; es befinden sich an demselben ferner ein Sicherheitsventil, das Ableitungsrohr für den Dampf, das Speiserohr zum Nachfüllen des Wassers und endlich das sogenannte Mannloch, durch welches man zum Reinigen des Kessels in denselben gelangen kann.

164 **Die Niederdruckmaschine** sehen wir in Fig. 164 vor uns. Der bei Z eintretende Dampf gelangt durch eine besondere Vorrichtung abwechselnd bald über, bald unter den im Cylinder A auf und ab beweglichen Kolben C. Nehmen wir an, der Dampf sei durch die Oeffnung E über den Kolben getreten, so wird dieser nach unten gedrückt. Wenn aber der unter dem Kolben befindliche Theil des Cylinders ebenfalls mit Dampf angefüllt ist, so wirkt dieser jenem Drucke entgegen und hebt ihn auf. Der Dampf muß daher jedesmal auf der einen Seite des Kolbens entfernt werden. Dies geschieht in der That mit größter Regelmäßigkeit, indem dieselbe Vorrichtung, welche den Dampf abwechselnd auf die obere und untere Fläche des Kolbens leitet, gleichzeitig den auf der entgegengesetzten Seite befindlichen Dampf durch das Rohr HH in den von kaltem Wasser umgebenen Behälter J treten läßt. Letzterer heißt Condensator, weil darin die Dämpfe condensirt, d. h. zu Wasser verdichtet werden.

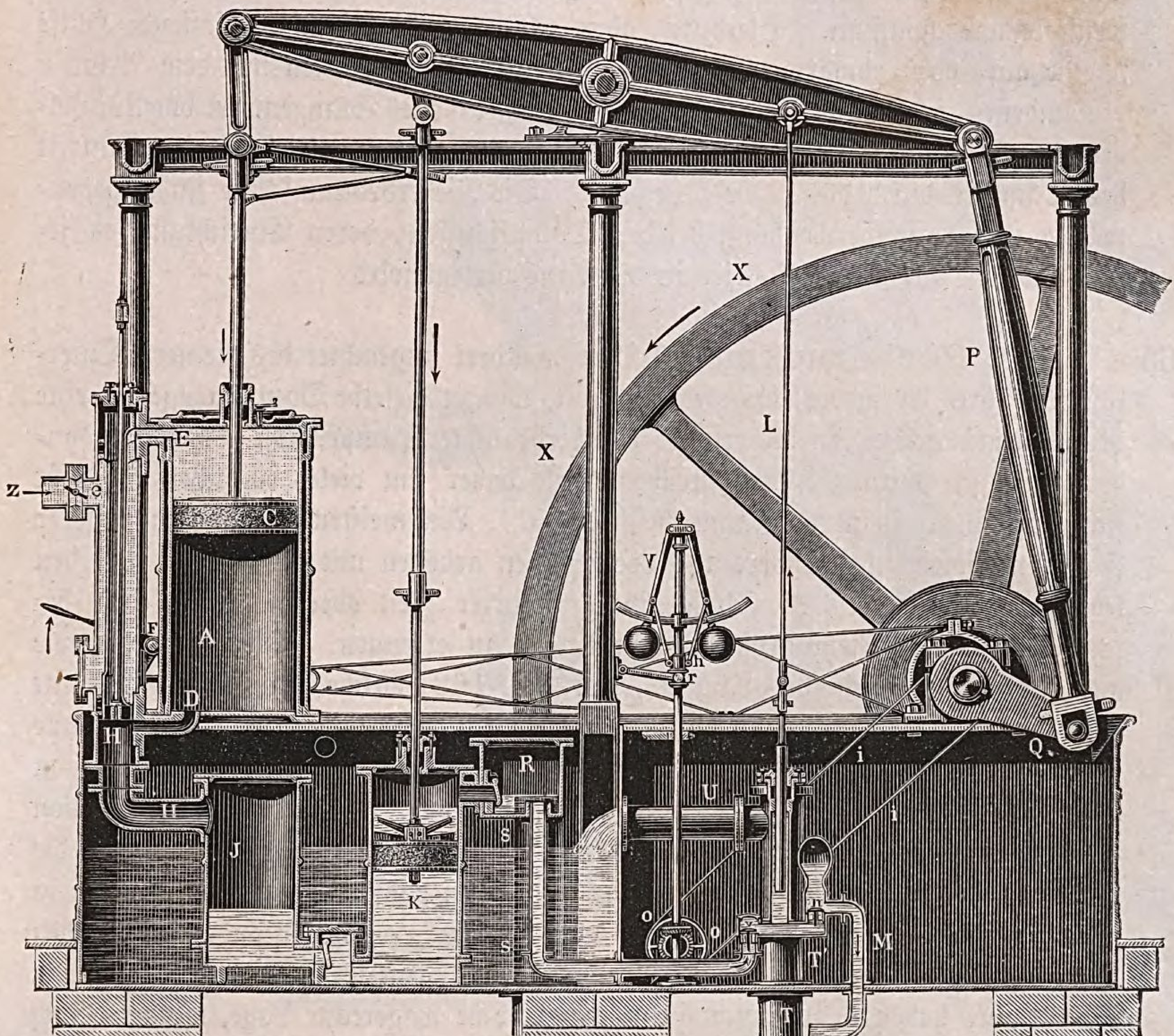
Wenn aber in der obern Hälfte des Cylinders Dampf von starker Spannkraft wirkt, während der untere Theil durch Verdichtung des darin befindlichen Dampfes ein leerer Raum geworden ist, so ist die nothwendige Folge, daß der Kolben C abwärts geschoben wird. Ebenso bewegt er sich nachher aufwärts, wenn der oberhalb befindliche Dampf verdichtet wird und durch die untere Oeffnung D der Dampf eintritt.

Natürlich wird die im Mittelpunkte des Kolbens befestigte Kolbenstange, welche luftdicht durch den Deckel des Cylinders geht, dieselbe Bewegung auf und nieder machen, wie der Kolben. In seltenen Fällen ist es jedoch gerade diese Art der Bewegung, welche den Zwecken der Gewerbe entspricht. Gewöhnlich geht in allen unseren Maschinenwerken, z. B. in den Wassermühlen, die Bewegung von einer wagerecht liegenden Walze aus, die Welle genannt wird. Es

gilt nun, die auf- und niedergehende Bewegung der Kolbenstange in die Umdrehung einer wagerechten Welle zu verwandeln.

Es geschieht dies in folgender Weise: die Kolbenstange ist an einem Ende eines gleicharmigen Hebels befestigt, welcher Balancier heißt. Am andern

Fig. 164.



Ende sehen wir die Pleuel- oder Treibstange P angebracht, welche durch ihren untern Theil mit der Kurbel Q einer wagerechten Hauptwelle verbunden ist. Aus der Umdrehung der Welle folgt aber auch die des an derselben befindlichen Schwungrades X (vergl. §. 78), welche in der Richtung des Pfeiles stattfindet.

Noch bleibt uns übrig, einige andere Theile der Abbildung zu erklären.

Das in dem Condensator durch Verdichtung des Dampfes sich ansammelnde Wasser wird durch die in dem Behälter K thätige Pumpe entfernt. Es gelangt von da weiter in das zweischenkelige Gefäß R, aus welchem es durch die Kolbenstange L einer Druckpumpe durch das Rohr M nach dem Dampfkessel getrieben wird. Dieses Wasser ist nämlich immer noch warm und daher mehr geeignet, schnell wieder in Dampf verwandelt zu werden, als kaltes Wasser.

Die Vorrichtung V bildet den sogenannten Centrifugal-Regulator, dessen Aufgabe es ist, den gleichmäßigen Gang der Maschine zu unterhalten.

Zwei schwere Metallkugeln hängen an einer senkrechten Achse, welche durch Kegelräder *oo* und den Treibriemen *ii* mit der Hauptwelle so in Verbindung gebracht ist, daß sie in Umdrehungen versetzt wird, die der Geschwindigkeit der Hauptwelle entsprechen. Vermöge der Centrifugalkraft entfernen sich die Kugeln von der Achse, wenn deren Umdrehungsgeschwindigkeit zunimmt, und sie fallen zusammen, wenn letztere abnimmt. Hierdurch aber erhält eine die Achse umfassende Hülse *h* eine auf- oder abwärtsgehende Verschiebung, die durch ein mit dem Arme *r* verbundenes, in unserer Zeichnung jedoch weggelassenes Stangenwerk von Winkelhebeln endlich auf die bei *e* befindliche Klappe sich erstreckt und somit den Eintritt des Dampfes durch das Rohr *z* regulirt. Die Niederdruckmaschine findet gegenwärtig ihre Hauptverwendung bei den Dampfschiffen, deren Einrichtung es jedoch bedingt, daß der Balancier in die Tiefe verlegt wird.

165 **Die Hochdruckmaschine** erfordert ungeachtet des kleinern Querschnittes ihres Cylinders, bei gleicher Kraft, nahezu dieselbe Dampfmenge als eine Niederdruckmaschine, da bei ersterer der verbrauchte Dampf nicht condensirt, sondern entlassen wird. Ihre Einrichtung ist daher um vieles einfacher und läßt sich auf einen kleinern Raum beschränken. Die meisten Maschinen unserer Fabriken, sowie insbesondere alle Locomotiven arbeiten mit Hochdruck. Bei den letztgenannten handelt es sich darum, in kurzer Zeit oder in einem sehr beschränkten Raume sehr große Dampfmengen zu erzeugen. Dies geschieht, wie aus Fig. 165, welche den Längen-, und Fig. 166, welche den Querdurchschnitt einer Locomotive darstellt, ersichtlich ist, dadurch, daß die in dem Feuerraume *AA* erhitzte Luft durch eine Menge kupferner Röhren strömt, welche rings von Wasser umgeben sind. Die entstehenden Dämpfe, die eine Spannkraft von 4 bis 6 Atmosphären erreichen, sammeln sich in dem Raume *BB*, steigen in die sogenannte Dampfhaube *CC*, und gelangen durch das Rohr *cc*, welches sich in zwei Arme theilt, von welchen jedoch nur der eine, *d*, hier sichtbar ist, in den Cylinder. Es sind deren nämlich zwei vorhanden, von welchen wir den vordern, *F*, vor uns haben. Wie man sieht, hat er eine wagerechte Lage, weshalb auch die Kolbenstange wagerecht hin- und hergeschoben wird. Diese setzt, in Verbindung mit einer Treibstange und der Kurbel *n*, das große Rad in Bewegung, während die kleineren Räder nur mitlaufen. Durch das Rohr *p*, Fig. 165 (*q*, Fig. 166), entweicht der entbehrlich gewordene Dampf mit dem Rauche durch das Kamin und bewirkt zugleich einen starken Zug.

Eine sinnreiche Vorrichtung, die sogenannte Steuerung der Maschine, dient dazu, um den Dampf abwechselnd auf der einen und der andern Seite des Kolbens ein- und austreten zu lassen und so die Hin- und Herschiebung desselben zu bewirken. Wir erläutern dieselbe an Fig. 167 u. 168 (a. S. 132), welche zwei Ansichten des Durchschnittes eines Cylinders mit Steuerung vorstellen. Wie man sieht, ist die eine Wand des Cylinders sehr dick und von zwei Kanälen durchbohrt, die in eine Vorkammer münden, in welche durch ein Zuleitungsrohr der Dampf eintritt. Sobald nun die Maschine in Gang gesetzt wird, bewirkt sie durch einen geeigneten Mechanismus fortwährend die abwechselnde Verschiebung

Fig. 165.

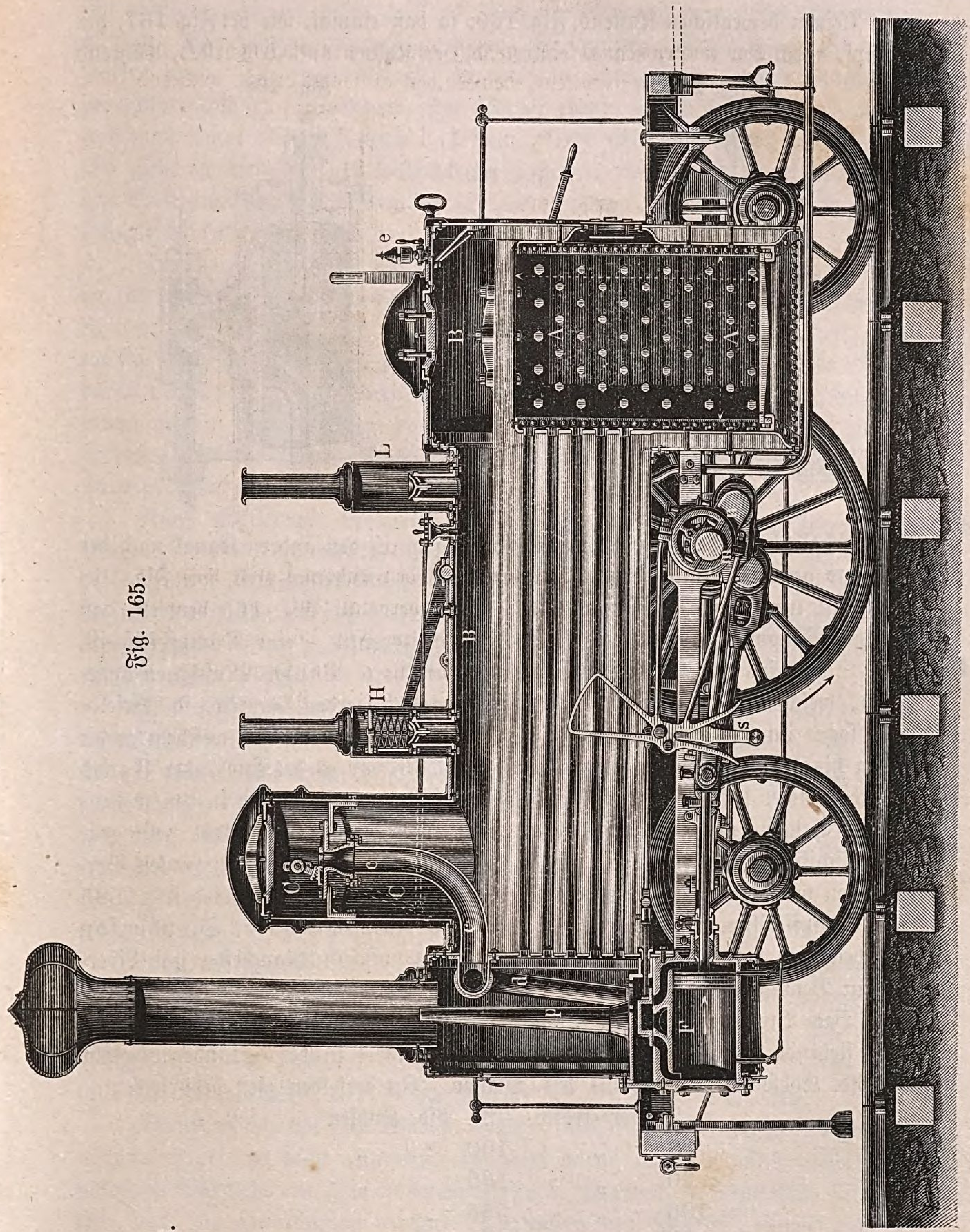
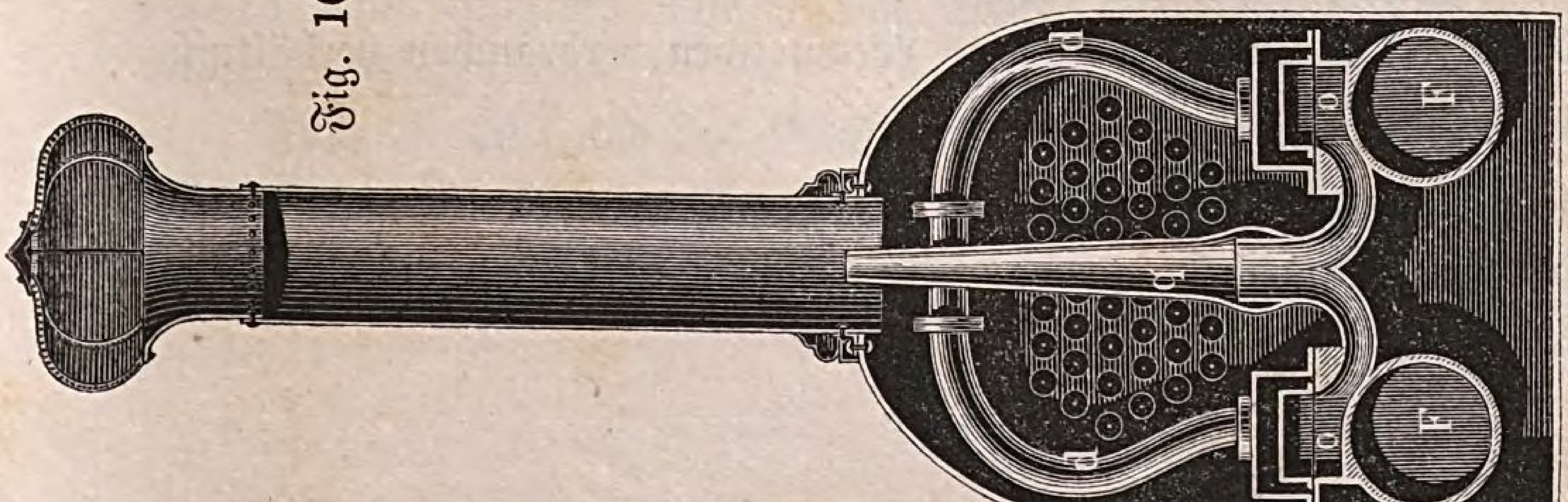


Fig. 166.



eines kleinen beweglichen Kastens, Fig. 169, so daß einmal, wie bei Fig. 167, der Dampf, durch den untern Kanal eintretend, den Kolben aufwärts drückt, während

Fig. 167.

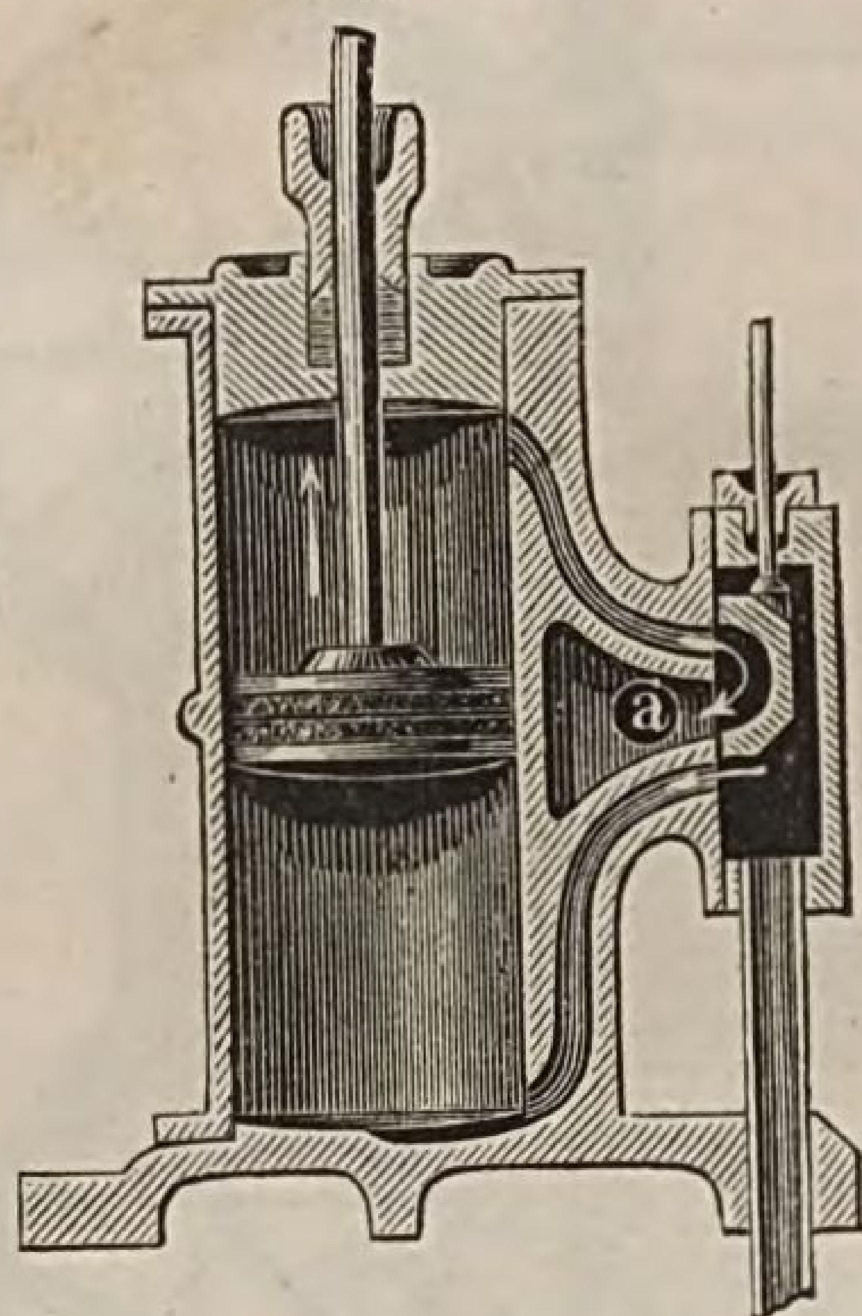
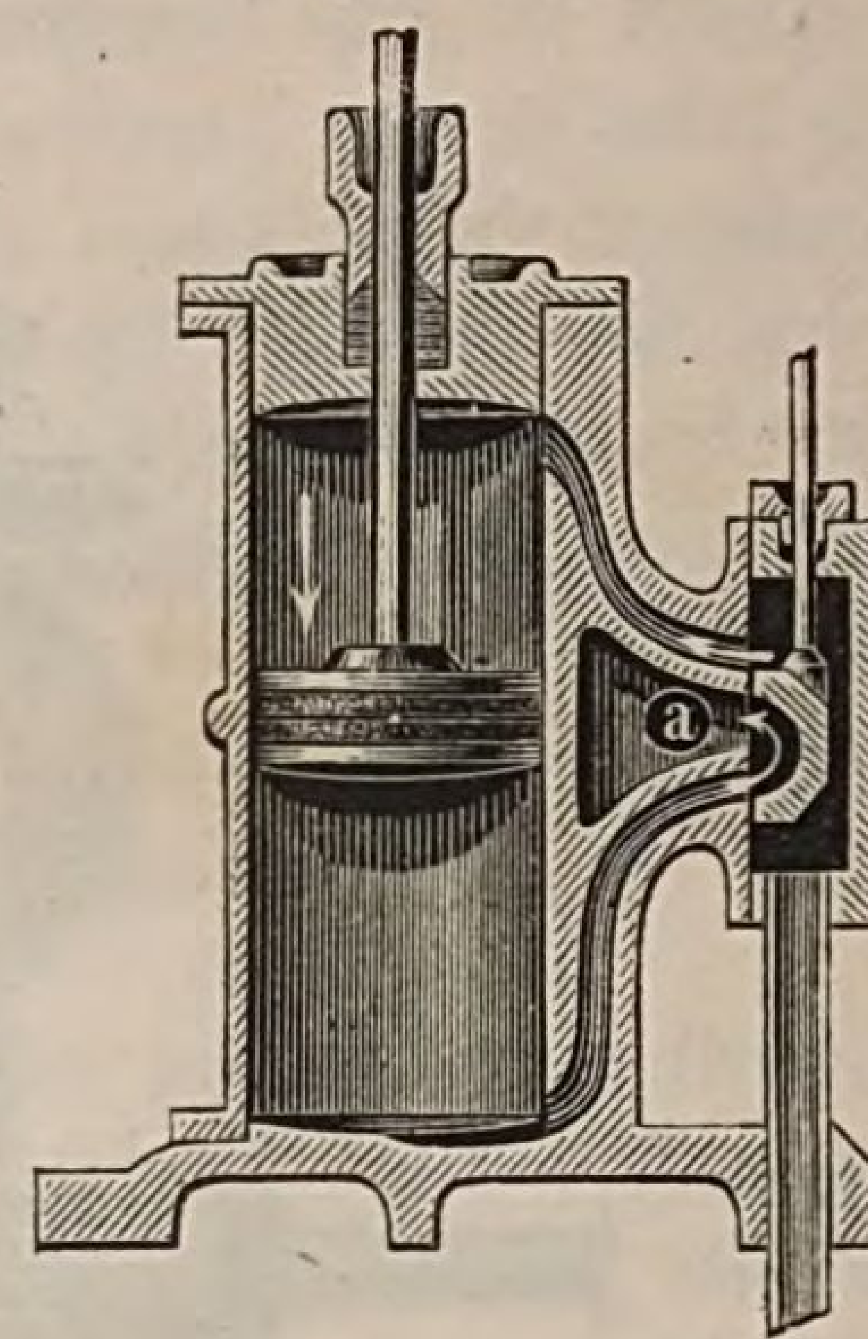


Fig. 169.



Fig. 168.



der oberhalb befindliche Dampf seinen Ausweg durch den andern Kanal nach der seitwärts gehenden Abzugöffnung *a* nimmt. Das anderemal tritt, wie Fig. 168 zeigt, die umgekehrte Bewegung ein. Noch werde zu Fig. 165 bemerkt, daß *H* eine Manometervorrichtung, *L* ein Sicherheitsventil, *e* eine Dampfpfeife ist.

166 Schon in dem siebenzehnten Jahrhundert hatte Papin Maschinen angegeben, welche durch Dampf in Bewegung gesetzt werden konnten, ja derselbe hatte sogar im Jahre 1707 ein kleines Dampfboot beendigt, mit welchem er die Fulda hinabfuhr. Allein erst um das Jahr 1763 war es der Engländer Jacob Watt, welcher der Dampfmaschine eine Einrichtung gab, wie sie in den wesentlichsten Stücken noch jetzt ist. Das erste in größerm Maaßstabe gelungene Dampfschiff wurde 1807, also gerade hundert Jahre nach dem genannten Versuch, von dem Amerikaner Robert Fulton erbaut. Der Rhein wird seit 1825 mit Dampfschiffen befahren. Die Locomotive ist von Robert Stephenson erfunden und zum ersten Mal im Jahre 1829 zwischen Manchester und Liverpool in Bewegung gesetzt worden.

Das Brennmaterial für Dampfmaschinen ist in der Regel Steinkohle. Eine stehende Maschine von 1 Pferdekraft erfordert in der Stunde ungefähr 20 Pfd. Kohle und 24 bis 30 Pfd. Wasser. In derselben Zeit bedürfen:

2	Pferdekräfte	31	Pfd. Kohlen
10	„	100	„ „
20	„	166	„ „
100	„	555	„ „
200	„	1100	„ „

Die Maschinen der Dampfschiffe und Locomotiven verbrauchen verhältnißmäßig noch viel mehr Kohlen.

167 **Fortpflanzung der Wärme.** Wir wissen, daß ein Körper, dem ein hoher Wärmegrad mitgetheilt wurde, seine Wärme allmälig verliert, daß er

sich abkühlt. Ebenso bekannt ist es, daß ein Körper von niederer Temperatur allmälig eine höhere annimmt, wenn er dem Einfluß einer Wärmequelle unterworfen wird. In einem Raum, in welchem durchgängig einerlei Temperatur herrscht, empfängt fortwährend jeder Körper ebenso viel Wärme, als er abgiebt, und man nennt diesen Zustand das bewegliche Gleichgewicht der Wärme. So giebt die Erdoberfläche während eines Jahres im Ganzen soviel Wärme an den Weltraum ab, als sie von der Sonne empfängt, weshalb ihre Temperatur sich gleich bleibt.

Die Verbreitung der Wärme geschieht auf zweierlei Weise, einmal, indem sie sich durch die Masse der Körper in der Art fortpflanzt, daß das eine Theilchen sie dem ihm nächst liegenden mittheilt und so weiter, bis alle Theilchen gleichmäßig von ihr durchdrungen sind. Es ist dies die Fortpflanzung der Wärme durch Leitung. Im andern Falle verbreitet sich die Wärme durch die Luft, indem sie in Strahlen von den Körpern ausgeht, ganz ähnlich wie die des Schalles und des Lichtes, weshalb sie in dieser Beziehung strahlende Wärme genannt wird.

Nicht alle Körper verbreiten die Wärme gleich schnell durch ihre Masse. 168
Eine Stecknadel, die wir an einem Ende glühend machen, können wir am anderen Ende nicht anfassen, ohne uns zu verbrennen. Dagegen darf ein noch kürzerer Holzspahn an einem Ende brennen, während wir ihn am andern Ende ohne Schaden in der Hand halten. Die Körper sind daher theils gute Wärmeleiter, theils schlechte.

Die dichten Körper, also die Metalle, sind die besten Wärmeleiter. Am auffallendsten zeigt sich dieses, wenn man ein Drahtgewebe quer in eine Lichtflamme hält, welche dadurch so stark abgekühlt wird, daß sie nicht durch das Gitter hindurchgeht. Körper von geringer Dichte verbreiten die Wärme nur sehr langsam durch ihre Masse. Dies ist namentlich dann der Fall, wenn diese Körper sehr porös und locker sind. Daher werden Steine, Erde und irdene Geschirre, Glas zu mittelmäßigen; Holz, Stroh, Haare, Pflanzenfaser und die daraus gefertigten Zeuge zu den schlechten Wärmeleitern gezählt.

Viele der gewöhnlichsten Erscheinungen sind Folgen der verschiedenen Leitungsfähigkeit der Körper, wie z. B. daß Wasser in Metallgefäßen schneller zum Sieden gelangt, als in irdenen, daß eine glühende Kohle auf eine Eisenplatte gelegt bald erlischt, während sie auf Holz gelegt lange fortglimmt, daß die Metalle sich kalt anfühlen, weil sie die Wärme der Hand schnell ableiten.

Damit überhaupt die Wärme unseres Körpers weder durch Strahlung, noch durch Leitung nicht allzusehr vermindert werde, umgeben wir denselben mit schlechten Wärmeleitern, mit wollenen Kleidern, Pelzwerk. Ebendeshalb bedienen wir uns zur Herrichtung warmer Lagerstätten des Mooses, Heues und der Federn, und umgeben Bäume und andere Gewächse mit Stroh, um sie vor Kälte zu schützen.

Auch die Luft und das Wasser sind sehr schlechte Wärmeleiter. Die Luft in Kellern und Brunnen behält im Sommer und Winter so ziemlich dieselbe Temperatur, und wir haben schon in §. 152 gesehen, daß Luft und Wasser nur

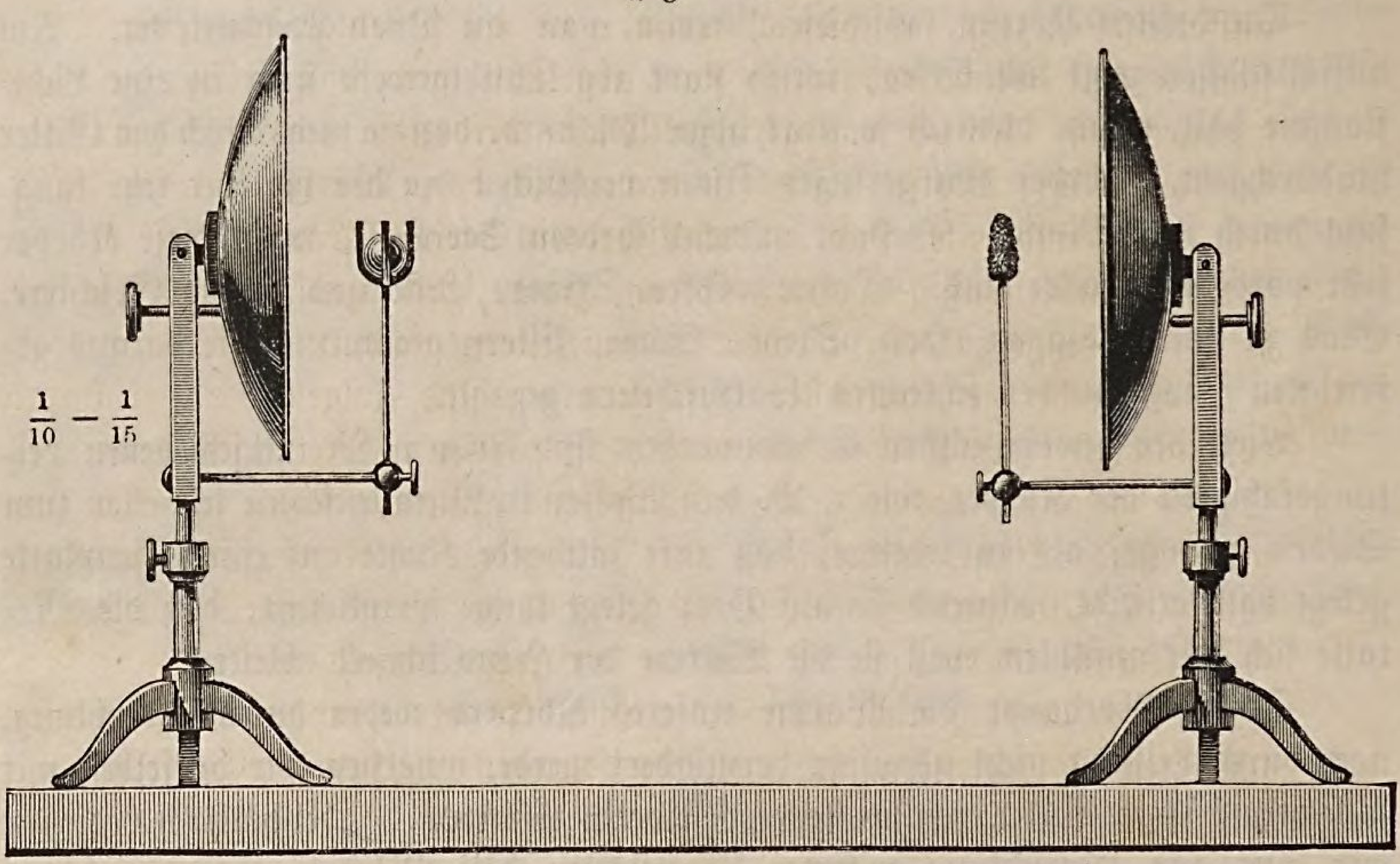
dadurch die Wärme schneller verbreiten, daß sie durch dieselbe in Bewegung versetzt werden. Zu den Körpern, welche die Wärme wenig leiten, müssen wir auch den Schnee und das Eis rechnen. Die meisten unserer Wintersaaten erfrieren in strengen Wintern, wenn sie nicht durch eine Decke von Schnee geschützt sind.

169 Von den Strahlen der Wärme, die z. B. von einem geheizten Ofen ausgehen, überzeugt uns das Gefühl leicht, wenn wir jenem näher kommen. Daß die uns dann fühlbar werdende Wärme wirklich in Strahlen zu uns gelangt, geht daraus hervor, daß ein vorgestellter Schirm, welcher den Strahlen ein Hinderniß darbietet, uns vor denselben schützen kann. Auch von der Sonne gelangt die Wärme in Strahlen zur Erde, und es wird dabei die Luft nur in geringem Grade erwärmt, denn wir finden dieselbe in den höheren Schichten sehr kalt.

Aehnlich, wie die Strahlen des Schalles, werden die der Wärme gebrochen oder abgelenkt, wenn sie aus einem Theil der Materie in einen andern von ungleicher Dichte gelangen, sie werden ferner zurückgeworfen, wenn sie auf feste Gegenstände treffen. Wir beobachten beides am auffallendsten bei dem Brennglase und dem Brennspiegel.

Das Brennglas wird in dem Abschnitte über das Licht beschrieben werden. Der Brennspiegel ist ein Hohlspiegel von blank polirtem Messing. In Fig. 170 sehen wir zwei solcher Spiegel einander gegenüber aufgestellt. Alle

Fig. 170.



Wärmestrahlen, die auf die Oberfläche eines Brennspiegels in paralleler Richtung mit dessen Achse auffallen, werden von demselben so zurückgeworfen, daß sie in einem vor dem Spiegel liegenden Punkte zusammentreffen. In diesem Punkte findet sich die Summe jener von der hohlen Spiegelfläche aufgefangenen Wärmestrahlen vereinigt, und er wird daher Brennpunkt genannt. Bringt

man dagegen einen Körper, der Wärme ausstrahlt, in den Brennpunkt eines Hohlspiegels, so werden alle auf letztern fallenden Wärmestrahlen von demselben in paralleler Richtung zurückgeworfen.

Diese Eigenschaften des Brennspiegels hat man durch folgende Versuche bestätigt. Zwei Spiegel werden wie in Fig. 170 aufgestellt und in den Brennpunkt des einen Spiegels wird eine glühende eiserne Kugel oder ein Schaumlöffel voll lebhaft glühender Kohlen gebracht. Hält man nun in den Brennpunkt des andern, der 4 bis 6 Meter weit entfernt sein kann, einen leichtentzündlichen Körper, z. B. etwas Zunder, so wird derselbe entzündet, denn die von jenen glühenden Gegenständen auf den ersten Spiegel treffenden Wärmestrahlen werden von demselben parallel nach dem zweiten gesendet, der sie in seinem Brennpunkte versammelt, wodurch an dieser Stelle eine Hitze entsteht, die hinreicht, um Körper zu entzünden. Bringt man ein Thermometer nur um ein Geringes außerhalb des Brennpunktes, oder an irgend eine Stelle zwischen den beiden Brennspiegeln, so zeigt sich, daß die Wärmestrahlen an keinem andern Punkt eine merkliche Erhöhung der Temperatur hervorbringen. Die Temperatur des Brennpunktes hängt von der Größe des Brennspiegels und von der Temperatur der Wärmequellen ab. Man hat Brennspiegel verfertigt, in deren Brennpunkt die schwerest schmelzbaren Körper zum Schmelzen gebracht worden sind.

Die Geschwindigkeit der Wärmestrahlen ist gleich der des Lichtes, welches in einer Secunde 42000 Meilen zurücklegt.

Die Körper zeigen ein außerordentlich verschiedenes Verhalten gegen die **170**
auf sie treffenden Wärmestrahlen. Es giebt Körper, welche alle Wärmestrahlen durch ihre Masse gehen lassen, ohne auch nur im Geringsten einen Theil derselben in sich aufzunehmen und zurückzuhalten. Dies ist z. B. mit der Luft der Fall. Aber auch manche feste Körper, wie insbesondere das Steinsalz, verhalten sich ebenso, und man nennt diathermane Körper diejenigen, welche der Wärme in erheblichem Grade den Durchgang gestatten. Doch erscheinen diese wie eine Ausnahme, denn alle übrigen nehmen mehr oder weniger die auf sie fallenden Wärmestrahlen auf und werden athermane Körper genannt.

Im Allgemeinen gilt die Regel: ein Körper mit rauher und dunkler Oberfläche nimmt unter sonst gleichen Umständen mehr von den ihn treffenden Wärmestrahlen auf, als ein anderer mit glatter und heller Oberfläche. Daher saugt z. B. der Kienruß fast alle Wärmestrahlen auf, während blank polirtes Silber oder Eisen dieselben fast vollständig zurückwerfen. Umgiebt man von zwei Thermometern das eine mit weißem, das andere mit schwarzem Zeuge, und setzt sie gleichmäßig der Sonne aus, so wird das schwarzumhüllte eine höhere Temperatur anzeigen als das andere. Ebenso schmilzt Schnee schneller, wenn man ein schwarzes Stück Zeug auf denselben legt, als dies unter einem weißen Stoffe geschieht; ein Ackerboden wird von den Sonnenstrahlen um so stärker erwärmt, je dunkler seine Farbe ist. Es erklärt sich hieraus, warum man im Sommer gern weiße oder helle Kleider trägt.

Aber auch in ihrem Vermögen, Wärme auszustrahlen, sind die bezeichneten zwei Gruppen von Körpern einander entgegengesetzt. Dichte und

glatte Körper besitzen ein nur sehr geringes Strahlungsvermögen, während es bei lockeren und rauhen viel größer ist. So wird irgend eine Flüssigkeit, wie z. B. Thee oder Kaffee, in einem blanken Metallgefäße viel langsamer erkalten, als in einem irdenen, mit Ruß überzogenen Topfe.

Auffallend ist endlich noch der Unterschied zwischen Wärmestrahlen, welche von leuchtenden Körpern, z. B. der Sonne, und solchen, die von dunkeln Körpern, etwa einem geschwärzten Ofen, herkommen. Glas, Wasser und Eis gestatten ersteren den Durchgang, während sie die dunkeln Wärmestrahlen nicht durchlassen.

171 **Latente oder gebundene Wärme.** Wir haben schon in §. 56 gesehen, daß Wasser, welches bereits zum Siedepunkte erhitzt ist, keine höhere Temperatur annimmt, wenn wir auch fortwährend neue Wärme demselben zuleiten. Es geht alsdann beständig ein Theil der Wärme in den Dampf über, aber das Thermometer zeigt unverändert 100° C. sowohl im Wasser selbst, als auch inmitten des Dampfes. Stellt man Schnee oder Eis, welche genau eine Temperatur von 0° haben, in einem Gefäß auf den Ofen, so zeigt das beim Schmelzen desselben entstehende Wasser ebenfalls 0°. Alle Wärme, die wir in beiden Fällen zuleiten, scheint nur dazu zu dienen, um das feste Wasser in flüssiges zu verwandeln, und beim Sieden das flüssige Wasser in dampfförmiges überzuführen, ohne daß jedoch das durch Schmelzen entstandene Wasser eine höhere Temperatur zeigt als der Schnee, oder der Dampf wärmer erscheint als das siedende Wasser.

Die Körper können also Wärme aufnehmen, ohne daß ihre Temperatur dadurch erhöht wird, aber sie gehen alsdann in einen weniger dichten Zustand über. Man bezeichnet die so aufgenommene, durch das Gefühl nicht wahrnehmbare Wärme mit dem Namen der gebundenen oder latenten Wärme. Der bei 100° C. erzeugte Dampf ist demnach Wasser von 100° C. + gebundene Wärme.

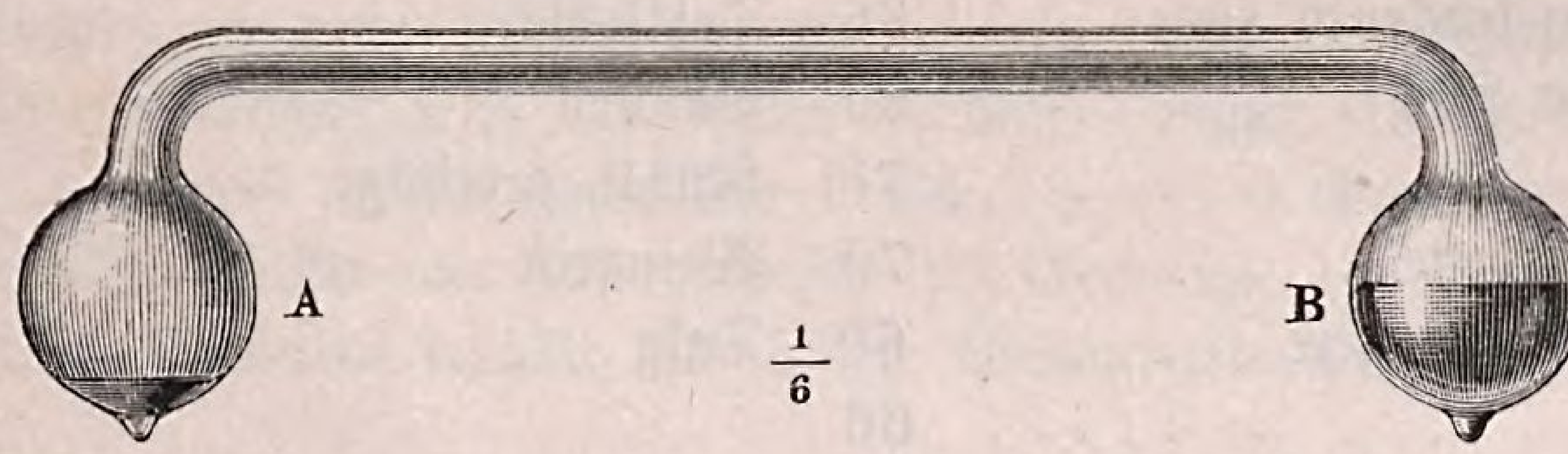
Unter allen Umständen, wo ein Körper aus dem dichtern Zustand in einen weniger dichten übergeht, geschieht dies nur, indem er eine gewisse Menge von Wärme aufnimmt oder bindet. Diese Wärme wird der nächsten Umgebung entzogen und dadurch die Temperatur derselben erniedrigt. Gießt man z. B. in heißen Sommertagen Wasser auf den Boden, so verwandelt sich dieses in Dampf und nimmt dabei eine beträchtliche Menge von Wärme auf, wodurch die Luft merklich abgekühlt wird. Hängt man ein Thermometer mit trockener und eins mit befeuchteter Kugel neben einander, so wird letzteres eine niedrigere Temperatur zeigen, weil das an seiner Oberfläche verdunstende Wasser ihm Wärme entzieht. Ja, es läßt sich in dem sogenannten Kryophor, Fig. 171, Wasser durch seine eigene Verdampfung zum Gefrieren bringen. Der Apparat ist vollkommen luftleer; wird nun durch Eintauchen der Kugel *A* in Eis der sich bildende Wasserdampf verdichtet, so erfolgt eine so rasche Verdunstung des in der Kugel *B* befindlichen Wassers, daß dasselbe gefriert.

Die niederste, bis jetzt beobachtete Temperatur von — 140° entstand beim Verdunsten des zur Flüssigkeit verdichteten Stickoxydulgases. Zur künstlichen

Eiserzeugung läßt man Aether oder zur Flüssigkeit verdichtetes Ammoniak im luftleeren Raume verdunsten und erzeugt in geeigneten Apparaten 200 bis 400 Pfd. Eis in der Stunde.

Schmelzungswärme nennt man diejenige Wärme, welche latent wird oder verschwindet, wenn Wasser aus dem festen in den flüssigen Zustand oder wenn

Fig. 171.



Salze in Auflösung übergeführt werden. Beim Vermischen von gestoßenem Eis oder Schnee mit Kochsalz tritt eine bis — 21° sinkende Temperaturerniedrigung ein, da beide sich zu einer flüssigen Lösung vereinigen und hierzu der Aufnahme von Schmelzungswärme bedürfen. Das Glaubersalz besteht zur Hälfte aus chemisch gebundenem Wasser, welches flüssig wird, sobald man Salzsäure zu dem Salz gießt wobei das Thermometer von + 10° auf — 17° sinkt. 3 Theile krystallisirte Soda und 3 Theile salpetersaures Ammoniak zusammen in 8 Theilen Wasser gelöst, erniedrigen dessen Temperatur um 25° C.

Beim Uebergange eines gasförmigen Körpers in den flüssigen und aus diesem in den festen Zustand geben jedoch die Körper ihre gebundene Wärme wieder ab. In der Regel findet dies unter Umständen Statt, wo die dabei freiwerdende Wärme nicht sehr fühlbar wird. Unter Mitwirkung der chemischen Verwandtschaft ist man jedoch im Stande, größere Wassermengen zu nöthigen, plötzlich aus dem flüssigen Zustand in den festen überzugehen. Dies ist z. B. der Fall beim Löschen des Kalkes, wo durch das Freiwerden der gebundenen Wärme des hierzu verwendeten Wassers eine große Erhitzung eintritt.

Wärmeeinheit oder Calorie. Die Physiker sind übereinge- 172
kommen, als Wärmeeinheit diejenige Wärmemenge anzunehmen, welche erforderlich ist, um die Temperatur von 1 Pfd. Wasser um 1° C. zu erhöhen. Wenn man 1 Pfd. Schnee von 0° und 1 Pfd. Wasser von 79° mit einander mischt, so schmilzt der Schnee und man erhält 2 Pfd. Wasser von 0°. Um Wasser aus dem festen Zustand in den flüssigen überzuführen, müssen also 79 Wärmeeinheiten gebunden werden; man sagt daher, die gebundene oder die latente Wärme des Wassers ist 79; in ähnlichem Sinn hat man die latente Wärme des Wasserdampfes gleich 550 gefunden. Als eine der gewöhnlichsten Quellen der Wärme ist die chemische Verbindung, insbesondere die Verbrennung der Körper anzusehen, und man hat durch genaue Versuche die Zahl der Wärmeeinheiten ermittelt, welche hierbei verschiedene Stoffe liefern. Es werden entwickelt durch Verbrennung von 1 Gramm Wasserstoffgas 34 462, Kohlenoxydgas 2 403, Holzkohle 8080, Schwefelkohlenstoff 3400 Wärmeeinheiten. Es erscheint von praktischem Werth, die Wärmemengen angegeben zu finden, welche bestimmte Mengen ver-

schiedener Körper bei ihrer Verbrennung liefern. Die Erfahrung hat ergeben, daß durch die Verbrennung eines Pfundes der nachgenannten Brennstoffe die beigefügte Anzahl von Pfunden Wassers von 0 bis 100 Grad erwärmt werden könne:

Wasserstoffgas	230	Torf, gewöhnlicher	15
Leuchtgas	64	„ guter	30
Vollkommen trockenes Holz	36	Torfkohle	63
Lufttrockenes Holz	29	Baumöl	112
Holzkohlen	73	Rüböl, gereinigt	93
Steinkohlen, beste	70	Weingeist	60
„ geringere	60	Talg	80
Kook	66		

173 **Specifische Wärme.** Wenn man gleiche Gewichtsmengen verschiedener Körper, die jedoch ein und dieselbe Temperatur, z. B. die von 0°, besitzen, um gleich viel Grade erwärmen will, etwa auf + 1° C., so bedarf man hierzu sehr verschiedener Mengen von Wärme. Wählen wir zu unserm Versuche Wasser, Terpentinöl, Eisen und Quecksilber, so ergiebt sich, daß die Wärmemengen, welche diese Körper erfordern, um von 0° auf + 1° C. erwärmt zu werden, sich verhalten wie $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{8} : \frac{1}{33}$. Terpentinöl erfordert nur die Hälfte, Eisen den achten und Quecksilber nur den dreiunddreißigsten Theil der Wärme, die zu obiger Voraussetzung das Wasser bedarf. Gesetzt, es befinde sich in dem ersten von zwei ganz gleichen Gefäßen 1 Pfd. Wasser, und in dem zweiten 1 Pfd. Terpentinöl, beide von gleicher Temperatur. Wenn jede dieser Flüssigkeiten in ein und derselben Zeit um gleich viel Grade erwärmt werden soll, so bedarf man für das Wasser zwei Flammen von derselben Größe, von welcher bei dem Terpentinöl nur eine erforderlich ist.

Man nennt die relativen Wärmemengen, welche Körper nöthig haben, um eine gleiche Temperaturerhöhung bei denselben zu bewirken, die specifische Wärme der Körper. Es wird bei deren Vergleichung die des Wassers gleich 1 angenommen. Von der Beziehung der specifischen Wärme zu dem Verbindungsgewicht der Körper wird in dem chemischen Theile die Rede sein.

Es läßt sich hieraus folgern, daß ebenso wie jeder Körper eine ihm eigenthümliche Dichte besitzt, ein jeder auch eine eigenthümliche durch das Thermometer nicht nachweisbare Wärmemenge hat, von deren Größe die Fähigkeit, mehr Wärme aufzunehmen, oder die Wärmecapacität desselben abhängig ist.

174 **Richmann'sche Regel** nennt man das Verfahren, um die Mischungstemperatur bei Flüssigkeiten zu bestimmen. Werden gleiche Gewichtsmengen eines und desselben Körpers von ungleicher Temperatur mit einander vermischt, so ist die Temperatur des Gemenges das arithmetische Mittel der ursprünglichen Temperaturen. 1 Pfd. Quecksilber von 40° mit 1 Pfd. Quecksilber von 60° vermischt, geben eine Mischungstemperatur von 50°.

Was ist aber dieselbe, wenn ich z. B. 5 Pfd. Wasser von 20° und 3 Pfd.

von 60° zusammenbringe? In diesem Falle sagen wir: 5 Pfd. Wasser von 20° enthalten $5 \times 20 = 100$ Wärmeeinheiten; 3 Pfd. von 60° enthalten $3 \times 60 = 180$, folglich das ganze Gemisch von 8 Pfd. 280 Wärmeeinheiten. Die Mischungstemperatur ist daher $280 : 8 = 35°$. Werden aber verschiedene Körper mit einander vermengt, so ist bei Ermittelung der Mischungstemperatur Rücksicht zu nehmen auf die specifische Wärme derselben, d. h. darauf, daß verschiedene Körper ungleicher Wärmemengen bedürfen, um ihre Temperatur auf dieselbe Höhe zu bringen, z. B. Quecksilber 33 Mal weniger als Wasser. 1 Pfd. Quecksilber von 66° enthält daher nur $1 . 66 . \frac{1}{33} = 2$ Wärmeeinheiten und giebt mit 4 Pfd. Wasser von 37° vermischt ein Gemenge, das $2 + 4 \times 37 = 150$ Wärmeeinheiten enthält und dessen Mischungstemperatur $150 : 4\frac{1}{33} = 37{,}2°$.

Theorie der Wärme. Man ist davon abgekommen, die Grundursache der Wärme in dem Vorhandensein eines besondern *Wärmestoffs* erkennen zu wollen. Es hat vielmehr in der neuern Zeit die *mechanische Wärmelehre* Geltung erlangt, nach welcher die Wärme die Folge schwingender Bewegungen ist und wodurch sie in die nächsten Beziehungen zu dem Licht gestellt erscheint. Entweder sind es die Moleküle der Körper selbst, welche bei den Wärmeerscheinungen in Schwingungen gerathen, oder die Aetherhüllen, von welchen man sich ein jedes Körpertheilchen umgeben zu denken hat. Jedenfalls bedürfen die durch den Weltraum und den leeren Raum der Luftpumpe sich fortpflanzenden Wärmestrahlen eines Trägers ihrer Bewegung, als welcher der physikalische Aether angenommen wird. 175

Von besonderer Bedeutung sind die gesetzmäßigen Beziehungen, welche man zwischen *Wärme* und *Arbeit* aufgefunden hat. Hiernach entspricht einer gewissen Menge von Wärme eine durch sie zu bewirkende Arbeit, und umgekehrt setzt sich jede Arbeit wieder in entsprechende Wärme um. Wenn wir eine Locomotive durch Zufuhr von Wärme in Bewegung versetzen, so besteht ihre äußere Arbeit darin, ihre eigenen Räder und die des Wagenzuges in Bewegung zu setzen. Durch Reibung der Räder an ihren Achsen und an den Schienen wird aber eine solche Menge von Wärme frei, daß wir damit wieder die gleiche Arbeit bewirken könnten, wenn wir im Stande wären, sie nutzbar zu machen. Aber auch die im Innern der Körper stattfindenden Vorgänge, wie Ausdehnung, Schmelzung, Lösung, chemische Verbindung, entsprechen einer auf deren Moleküle gerichteten Arbeit und sind daher stets von Wärmeerscheinungen begleitet. Nur wenn ein Gas sich ausdehnt, indem man es in einen luftleeren Raum leitet, findet keine Temperaturveränderung Statt, weil hier das Gas keinem Widerstand begegnet, folglich keine Arbeit verrichtet wird.

Von der Grundvorstellung ausgehend, daß Wärme in der schwingenden Bewegung kleinster Körpertheile ihren Grund habe, erscheint die Production von Wärme durch mechanische Arbeit als eine Umwandelung von Massenbewegung in Molekularbewegung, während umgekehrt jede Arbeitsleistung durch Wärme auf eine Verwandlung von Molekularbewegung in Massenbewegung beruht.

Man hat auf verschiedenen Wegen das Verhältniß zu bestimmen gesucht zwischen einer gewissen Menge von Wärme und der ihr entsprechenden Arbeit oder das sogenannte mechanische Aequivalent der Wärme, und hat gefunden, daß dasselbe für eine Wärmeeinheit 424 Kilogrammmetern entspricht. Demzufolge kann mit der Wärme, die erforderlich ist, um die Temperatur von 1 Kilogramm Wasser um 1° zu erhöhen, ein Gewicht von 424 Kilogramm in einer Secunde ein Meter hoch gehoben werden; und umgekehrt, durch die Kraft, welche die gleiche Arbeit bewirkt, wird soviel Wärme erzeugt, als 1 Kilogramm Wasser zur Erhöhung seiner Temperatur um einen Grad gebraucht.

VI. Das Licht.

176 Auch die heiteren Erscheinungen des Lichtes haben verschiedene nächste Ursachen, und wir sprechen in diesem Sinne von verschiedenen Lichtquellen. Als solche betrachten wir: 1) Die Sonne und die Fixsterne. 2) Die Wärme, indem alle Gegenstände, sobald sie einem gewissen Wärmegrade ausgesetzt werden, glühend leuchtend erscheinen. Es ist hierbei gleichgültig, ob die Wärme die Folge mechanischer oder chemischer Einwirkung ist. Das Letztere ist übrigens das Gewöhnliche. 3) Die Elektricität. 4) Sehr viele Thiere aus den niederen Klassen besitzen die Eigenschaft, zu leuchten, von welchen die Leuchtkäfer die bekanntesten sind. In geringem Grade findet dieses auch bei einigen Pflanzen Statt, namentlich bei der in Bergwerken vorkommenden Rhizomorpha. 5) An todten Seefischen, sowie gelegentlich der trockenen Verwesung der Pflanzenstoffe, bei der sogenannten Holzfäulniß, beobachtet man mitunter ein lebhaftes Leuchten.

Von allen diesen Lichtquellen ist für unsere Betrachtung das Sonnenlicht am wichtigsten. Nächst diesem ist das durch den chemischen Vorgang der Verbrennung erzeugte Licht von wesentlicher Bedeutung.

In allen übrigen Fällen, wo wir Licht von irgend einem Gegenstande verbreitet sehen, rührt dasselbe nicht ursprünglich von demselben her, sondern es ist ihm mitgetheilt worden. Alle Gegenstände sind daher entweder selbstleuchtend oder nichtleuchtend. So ist das Licht des Mondes demselben von der Sonne mitgetheilt, denn er selbst ist, ebenso wie die Erde und überhaupt die meisten Körper, nicht leuchtend.

Das Licht tritt so häufig in Gesellschaft mit der Wärme auf, und stimmt in vielen seiner Eigenschaften so auffallend mit derselben überein, daß Viele beide für unzertrennlich oder vielmehr für Eins und dasselbe in verschiedenem Grade halten. Sie lassen sich jedoch wohl unterscheiden und trennen, denn wir haben sehr lebhafte Lichterscheinungen, wie z. B. an leuchtenden Thieren und am Monde, die von keiner Wärme begleitet sind, und auf der andern Seite sehen wir, daß Körper sehr bedeutende Mengen von Wärme ohne Lichterscheinung anzunehmen und abzugeben fähig sind.

Das Licht verbreitet sich nur durch Strahlen, die von einem leuchtenden Körper in allen Richtungen ausgehen. Die Geschwindigkeit, mit welcher dies geschieht, ist ungeheuer, indem es in einer Secunde 42 000 Meilen zurücklegt, und daher in 8 Minuten und 13 Secunden von der Sonne zur Erde gelangt. 177

Die Lichtstrahlen zeigen, indem sie auf Gegenstände treffen, ein ähnliches Verhalten, wie die Schall- und Wärmestrahlen. Wir bemerken wesentlich drei Fälle:

1. Die Lichtstrahlen werden von dem Körper, auf den sie treffen, mehr oder weniger vollständig aufgenommen oder absorbirt.
2. Die Lichtstrahlen werden zurückgeworfen, reflectirt.
3. Die Lichtstrahlen gehen durch die Körper hindurch.

Wenn ein Körper alle auf ihn fallenden Lichtstrahlen aufnimmt, so ver- 178
schwinden dieselben für unsere Sinne vollständig, und es erscheint uns ein solcher Körper vollkommen schwarz. Derselbe nimmt nicht etwa wie bei der Wärme durch längeres Bestrahlen Licht in der Art in sich auf daß er es irgendwie weiter zu verbreiten im Stande wäre. Es entsteht daher auch auf der den Lichtstrahlen abgewendeten Seite jenes Körpers Lichtmangel oder Schatten. Von allen Körpern ist der Kienruß derjenige, welcher das Licht am vollkommensten aufnimmt.

Bei weitem die Mehrzahl der Körper wirft das Licht theilweise zurück, und nimmt einen andern Theil desselben in sich auf. Die dichten Körper, besonders die blank polirten Metalle, werfen das Licht am vollkommensten zurück. Diese Eigenschaft nimmt bei den übrigen Körpern ab in dem Maße, als sie weniger dicht sind, lockerer und unebener werden. Insbesondere tragen Unebenheiten der Oberfläche dazu bei, daß sehr viel Licht absorbirt, oder wie von weißem Papier geschieht, nach allen Richtungen zurückgeworfen wird, was man die Zerstreuung des Lichtes nennt. Auch hinter den Körpern, welche das Licht zurückwerfen, entsteht Schatten.

Nur dadurch, daß die Körper die Lichtstrahlen zurückwerfen und zerstreuen, sind die Gegenstände überhaupt sichtbar, und es ist für das Verständniß aller Erscheinungen des Sehens höchst wichtig, stets sich der Vorstellung recht bewußt zu sein, daß von jedem sichtbaren Punkt eines jeden Gegenstandes Lichtstrahlen nach allen Richtungen ausgehen, und indem einige derselben in das Auge des Beobachters gelangen, wird diesem jener Punkt sichtbar.

Photometrie. Wir besitzen kein Mittel, um Menge oder Stärke des Lichtes direct, oder durch eine genau bestimmbare Wirkung desselben zu messen und eine Lichteinheit festzustellen, wie dies bezüglich der Wärme der Fall ist. Doch lassen sich verschiedene Lichtquellen, bezüglich ihrer Stärke ziemlich genau vergleichen unter Anwendung des Gesetzes: „Daß die Stärke des Lichtes in dem Verhältnisse abnimmt, in welchem das Quadrat der Entfernung zunimmt." 179

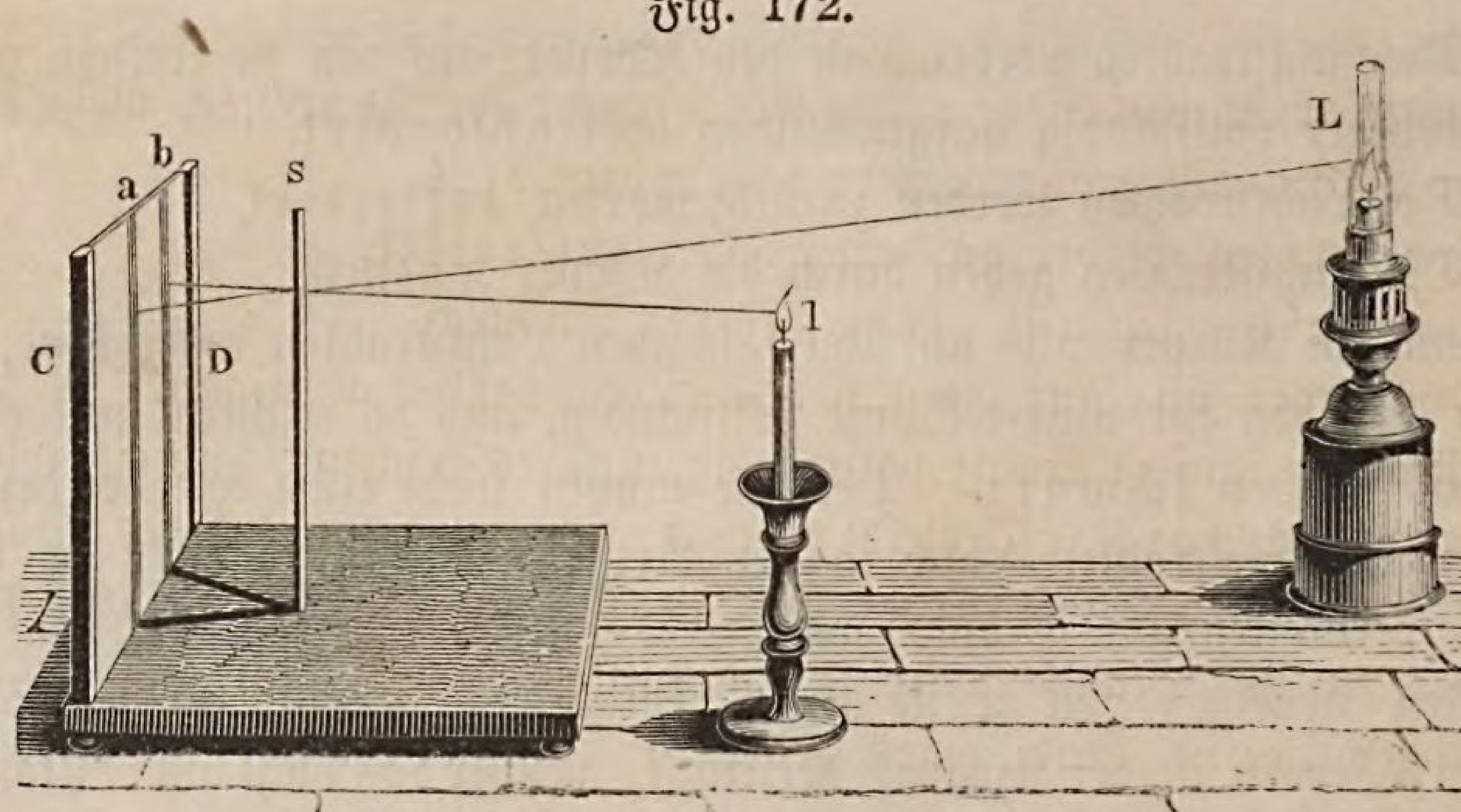
Folglich ist in der Entfernung	1	2	3	4	5	n
die Lichtstärke gleich . . .	1	$1/4$	$1/9$	$1/16$	$1/25$	$1/n^2$

Wenn daher eine Fläche durch irgend eine Lichtquelle, etwa eine Kerze, be-

leuchtet wird und man rückt letztere weiter ab, so ist in der doppelten Entfernung die Beleuchtung nur noch ein Viertel der anfänglichen und man muß daselbst vier Kerzen aufstellen, um die Fläche gerade so stark zu beleuchten, wie vorher; in der Entfernung 3 wären hierzu 9 Kerzen erforderlich.

Will man nun zwei verschiedene Flammen, z. B. die einer Kerze und einer Lampe, Fig. 172, bezüglich ihrer Lichtstärke vergleichen, so stellt man vor einer

Fig. 172.



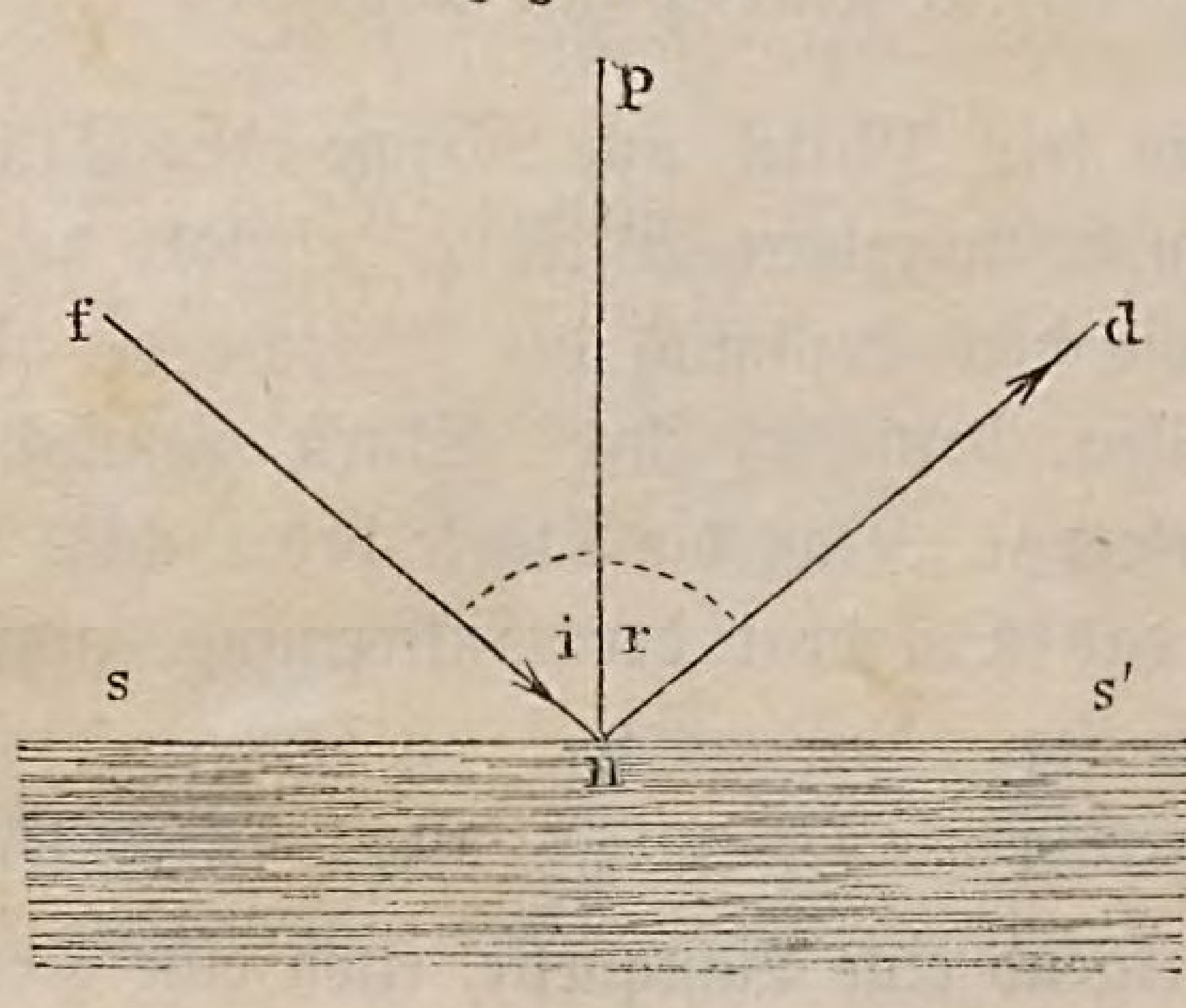
weißen Fläche *CD* ein Stäbchen *s* auf und rückt dann die beiden Flammen so lange ab und zu, bis die beiden auf die Fläche fallenden Schatten *a* und *b* vollkommen gleich stark erscheinen. Ist dies z. B. der Fall, wenn die Lampe dreimal so weit von der Fläche entfernt ist als die Kerze, so ist nach Obigem ihre Lichtstärke neunmal größer als die der Kerze.

Man schätzt, daß 5500 Kerzen in 1 Fuß Entfernung eine Fläche ebenso stark erleuchten, als dies durch Sonnenlicht geschieht.

180 **Spiegel.** Körper, welche die Lichtstrahlen möglichst vollständig und regelmäßig zurückwerfen, sind die Spiegel. Abgesehen von dem Stoffe, aus dem sie gefertigt sind, unterscheiden wir: 1) ebene oder gewöhnliche Spiegel, 2) hohle oder concave Spiegel, 3) erhabene oder convexe Spiegel.

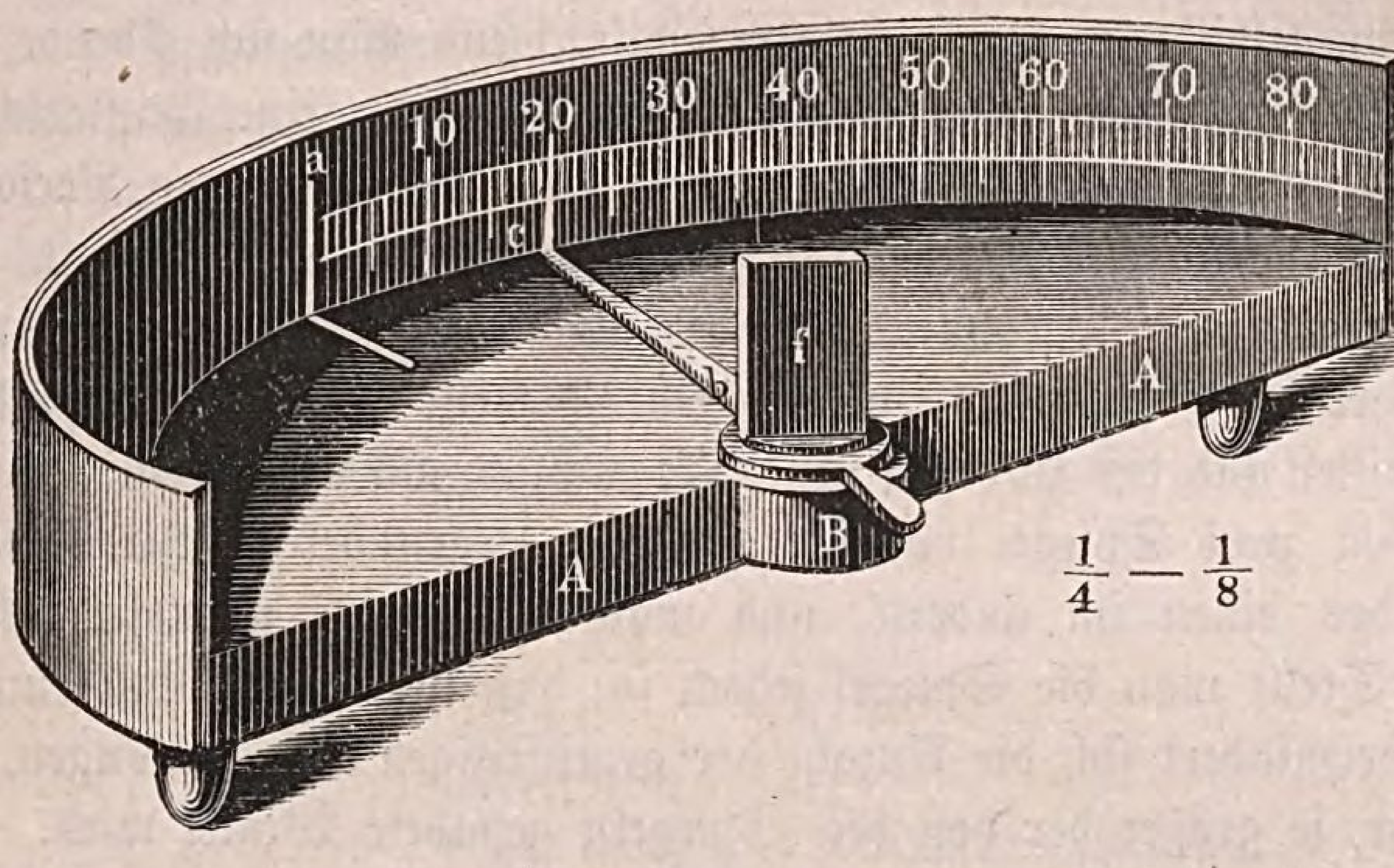
Ein ebener Spiegel *ss'*, Fig. 173, wirft alle Strahlen, die ihn treffen, so zurück, daß der einfallende Strahl *fn* denselben Winkel mit dem Einfallloth *pn* macht, wie der reflectirte Strahl *nd*, und daß beide Strahlen mit dem Einfallloth in derselben Ebene liegen. Wir beweisen dieses Gesetz mit Hülfe des Apparates Fig. 174. Es ist *f* ein kleiner Spiegel, der uns die Rückseite zuwendet. Der Zeiger *b c* ist senkrecht zur vordern Fläche des Spiegels und stellt das Einfallloth vor. Er weist auf den Grad 20

Fig. 173.



eines getheilten Viertelkreises. Fällt durch den Spalt *a* ein Lichtstrahl auf den Spiegel, so wird derselbe nach dem Theilstrich 40 reflectirt. Da der Zeiger zugleich mit dem Spiegel um dessen vertikale Achse drehbar ist so läßt sich das

Fig. 174.

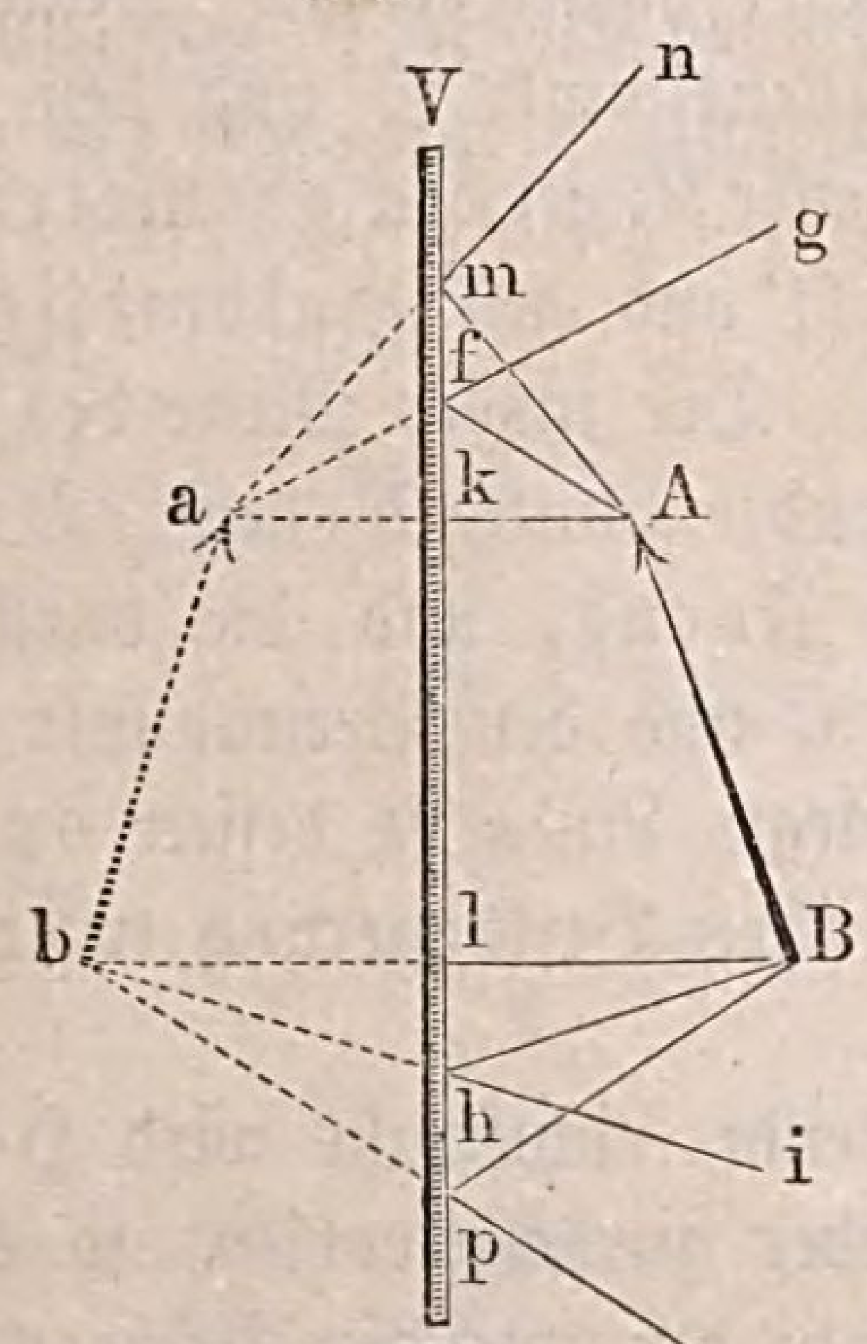


$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{8}$

Gesetz für jeden beliebigen Einfallwinkel bestätigen. Stellt man *bc* auf 30 so ist der Einfallwinkel gleich 30; der Reflexionswinkel ebenso groß, folglich wird der Strahl nach 60 reflectirt.

Eine Folge dieses Gesetzes ist, daß die von einem Spiegel zurückgeworfenen Strahlen so auseinandergehen (divergiren), als ob sie von einem Punkte kämen, der eben so weit hinter dem Spiegel liegt, als der leuchtende Punkt vor ihm ist. Daher erscheint denn überhaupt ein Spiegelbild soweit hinter der Spiegelfläche, als der Gegenstand vor derselben sich befindet. Auch ist das Bild im Spiegel in der Hinsicht verkehrt, daß die linke Seite des Gegenstandes zur rechten geworden ist, und umgekehrt. Wir erläutern dieses an Fig. 175, wo die von dem Punkt *A* eines Gegenstandes *AB* ausgehenden Lichtstrahlen *Ak*, *Af*, *Am* so reflectirt werden, als kämen sie von *a*; entsprechend verhält es sich mit den vom Punkte *B*, ja von jedem beliebigen Punkte des Gegenstandes *AB* ausgehenden Lichtstrahlen, wodurch das Spiegelbild *ab* erscheint. Man nennt in der Optik ein derartiges Bild ein geometrisches.

Fig. 175.



Der gewöhnliche Spiegel besteht aus **181**
einer Spiegelscheibe, d. i. einer Glastafel, mit zwei möglichst ebenen und parallelen Flächen, deren eine mit einer Auflösung von Zinn in Quecksilber überzogen oder, wie man sagt, belegt ist. Gläser, deren Flächen nicht parallel sind, die uneben oder von unreiner Masse sind, geben verzerrte Bilder.

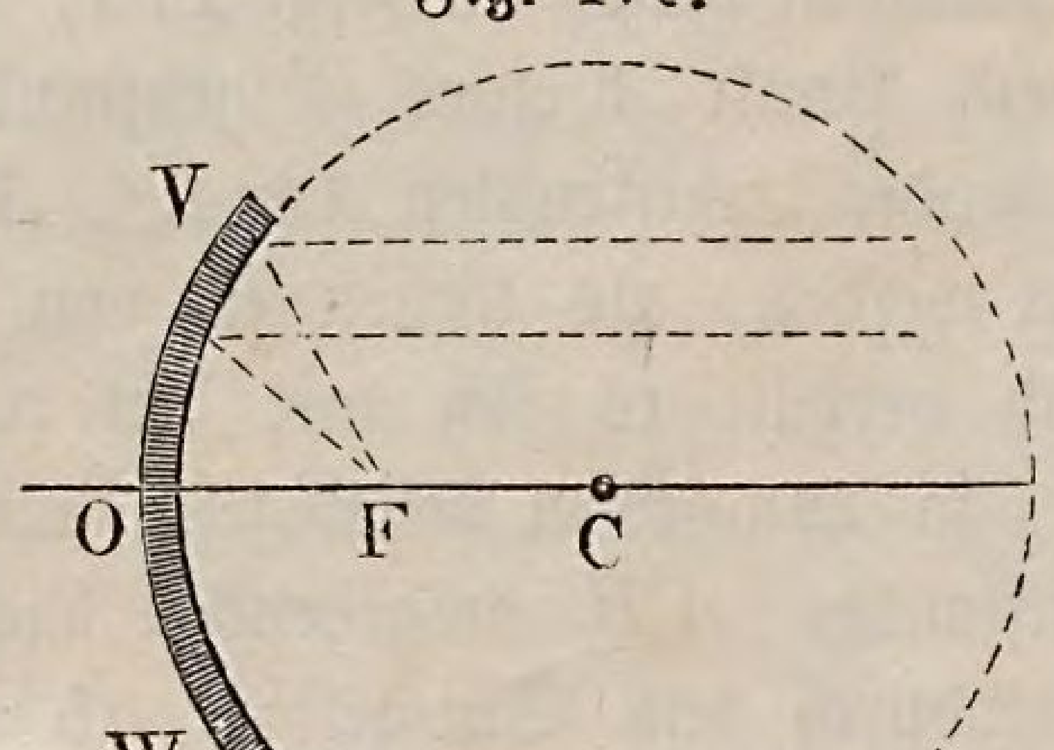
Spiegelscheiben, welche nicht belegt sind, lassen die meisten Lichtstrahlen durch, und indem sie nur einen Theil derselben reflectiren, geben sie schwache, unter gewöhnlichen Umständen nicht sichtbare Bilder. Auf einem dunklen Hintergrunde werden dieselben jedoch wohl sichtbar, wovon man sich beim Vorübergehen an dem Schaufenster eines Ladens überzeugen kann. Noch auffallender zeigt sich das Spiegelbild am durchsichtigen Glase, wenn man sich Abends, sobald es dunkel geworden ist, mit einem Licht in der Hand vor eine Fensterscheibe stellt. Man erblickt alsdann das Bild des Lichtes und das der eignen Person draußen ebensoweit vor dem Fenster stehend, als man selbst davon entfernt ist. Derartige Spiegelbilder sind die sogenannten Pepper'schen Geistererscheinungen, zu deren Hervorrufung sehr große Spiegelscheiben dienen. Der Hintergrund muß vollkommen dunkel und der zu erscheinende Gegenstand auf das stärkste beleuchtet sein.

Werden zwei Spiegel parallel einander gegenüber gestellt, so spiegelt sich das Bild des einen im andern, und man erhält eine unendliche Anzahl von Bildern. Stellt man die Spiegel jedoch so, daß sie einen Winkel mit einander bilden, so vermindert sich die Anzahl der gegenseitigen Abspiegelungen, und zwar um so mehr, je größer der von den Spiegeln gebildete Winkel wird. Die Einrichtung des Kaleidoskops beruht auf der Versechsfachung eines Bildes durch zwei im Winkel von 60 Grad gegen einander geneigte Spiegel.

Außer dem gewöhnlichen Dienste des Spiegels, der ihn allerdings für Viele zu einem unentbehrlichen Möbel macht, findet er noch bei mehreren optischen Instrumenten Anwendung.

182 Einen Hohlspiegel, oder wie man wohl auch sagt, einen Vergrößerungsspiegel findet man nicht selten auf der einen Seite der gebräuchlichen runden Rasirspiegel. Seine wichtigen Anwendungen erfordern, daß wir uns genauer mit den Eigenschaften desselben bekannt machen.

Fig. 176.



Wir können uns vorstellen, jeder Hohlspiegel sei wie VW, Fig. 176, ein Abschnitt von einer hohlen Kugel. Man nennt daher den Mittelpunkt C und den Halbmesser OC jener Kugel den geometrischen Mittelpunkt und den Halbmesser des Hohlspiegels. Der in der Mitte des Halbmessers liegende Punkt F heißt Brennpunkt oder Focus, und die durch den Mittelpunkt C und den Brennpunkt F des Spiegels gelegte Linie ist dessen optische Achse. Der Punkt O des Spiegels, den sie bei ihrer Verlängerung trifft, wird das optische Centrum genannt.

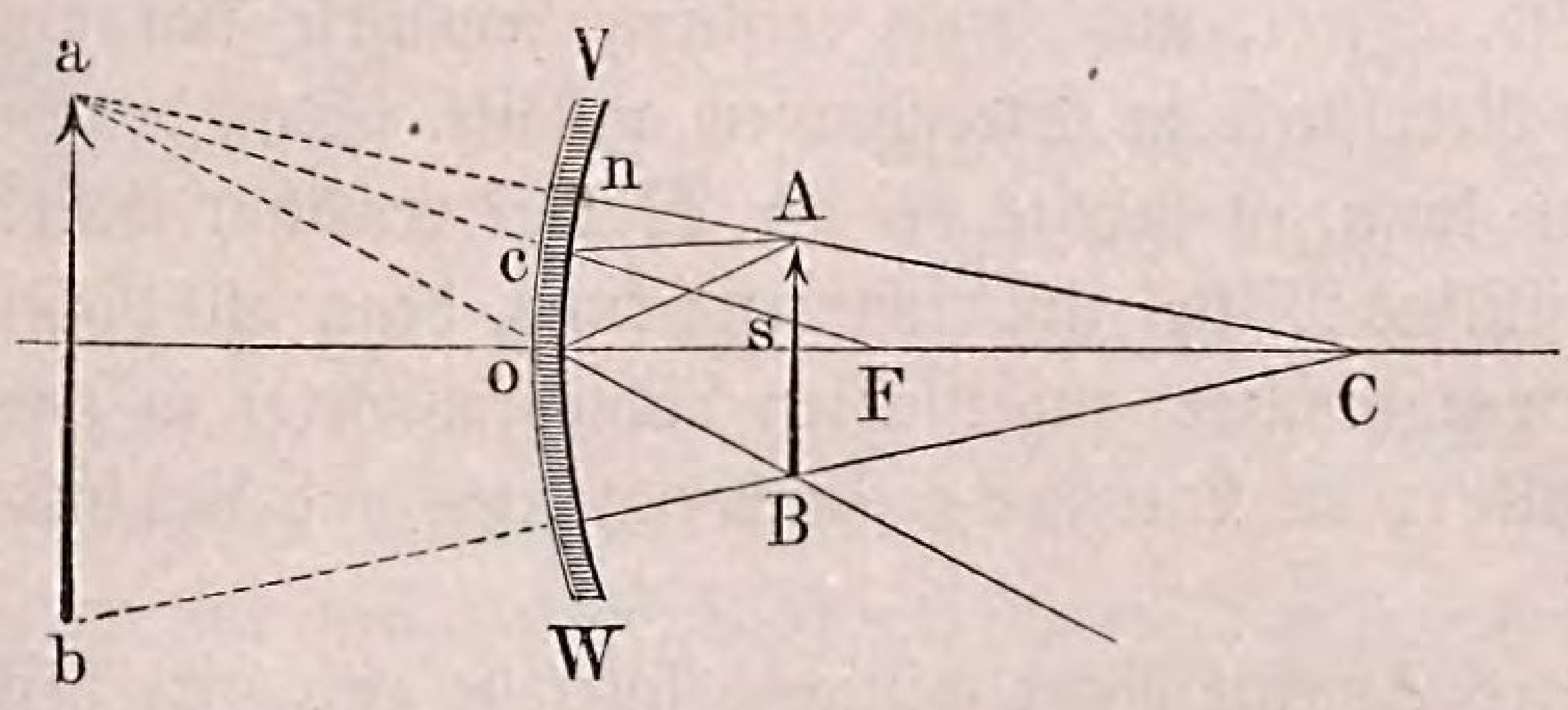
Jeder senkrecht auf den Hohlspiegel fallende Lichtstrahl wird Hauptstrahl genannt und in derselben Richtung wieder zurückgeworfen, so daß er durch den Mittelpunkt C geht. Sämmtliche, mit der optischen Achse parallel laufenden Strahlen werden von dem Spiegel nach dem Brennpunkte F zurückgeworfen und erscheinen dort gesammelt (vergl. §. 169).

Von diesen Eigenschaften des Hohlspiegels ausgehend, können wir nun die 183
Erscheinungen ableiten, welche derselbe darbietet. Nähert man dem Hohlspiegel irgend einen Gegenstand, so giebt er uns verschiedene Bilder, je nachdem ihm derselbe näher oder ferner gebracht worden ist. Befindet sich der Gegenstand, z. B. ein Pfeil, zwischen dem Brennpunkte und dem Spiegel, so erhält man ein vergrößertes geometrisches Bild desselben, welches jedoch, ähnlich wie beim ebenen Spiegel, hinter der Spiegelfläche zu liegen scheint.

Stellt man dagegen den Pfeil zwischen dem Brennpunkte und geometrischen Mittelpunkte des Spiegels auf, so erhält man ebenfalls ein vergrößertes Bild, welches aber vor dem Spiegel erscheint.

Versuchen wir mit Hülfe der Fig. 177 diese Erscheinung näher zu verfolgen. Es gehe von dem Gegenstande *AB* der Hauptstrahl *An* senkrecht auf den

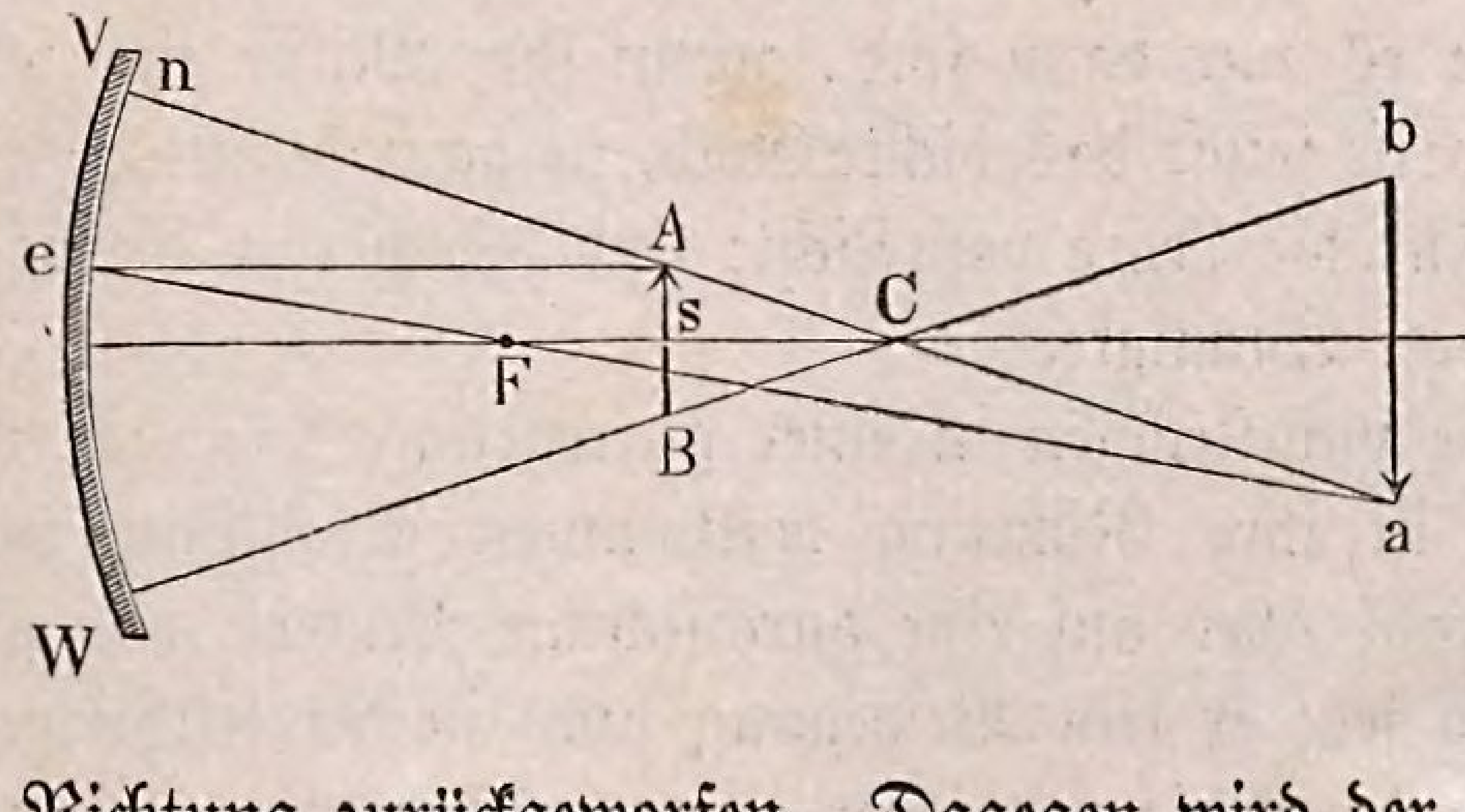
Fig. 177.



Spiegel, so wird er in der Richtung *nAC* zurückgeworfen; der mit der Spiegelachse parallel gehende Strahl *Ac* wird nach dem Brennpunkte *F* zurückgeworfen. Beide zurückgeworfenen Strahlen treffen vor dem Spiegel niemals zusammen. Denkt man sich dagegen ihre Richtung hinter dem Spiegel verlängert, so schneiden sie sich in dem Punkte *a*, und dort scheint jetzt dem Auge *A* zu liegen. Ebenso bestimmt sich die Lage aller übrigen von *AB* ausgehenden Lichtstrahlen, wodurch denn das vergrößerte hinter dem Spiegel liegende Bild *ab* entsteht.

Bei Fig. 178, wo der Pfeil zwischen dem Brennpunkte *F* und dem Mittelpunkte des Spiegels *C* aufgestellt ist, wird der hier senkrecht auffallende Strahl

Fig. 178.



An in derselben Richtung zurückgeworfen. Dagegen wird der mit der Spiegelachse parallele Strahl *Ae* nach dem Brennpunkte *F* zurückgesendet. Der Punkt *A* des Bildes von *AB* muß also da erscheinen, wo die Verlängerungen jener beiden zurückgeworfenen Strahlen sich schneiden, was, wie die Fig. 178 zeigt,

bei *a* der Fall ist. Dasselbe läßt sich an allen übrigen Punkten des Gegenstandes nachweisen, und wir erhalten so das vergrößerte, aber umgekehrte Bild vor dem Spiegel in der Luft.

Leicht läßt sich zeigen, daß das Bild wirklich in der Luft sich befindet, denn man darf nur ein Blatt weißen Papiers an die Stelle von *ab* bringen, so wird dieses die Lichtstrahlen auffangen, und so auf demselben deutlich das Bild erscheinen, weshalb ein derartiges Bild ein physisches genannt wird.

184 Der Hohlspiegel findet eine sehr wichtige Anwendung zu Fernröhren, die daher Spiegelteleskope heißen und außerordentliche Vergrößerungen bewirken. Dies that namentlich Herschel's berühmtes Riesenteleskop, das 5 Fuß im Durchmesser hatte. In neuerer Zeit ist dasselbe übertroffen worden durch das Spiegelteleskop von Lord Rosse, dessen Spiegel 6 Fuß Durchmesser und 50 Fuß Brennweite und ein Gewicht von 7000 Pfd. hat. Seine Aufstellung kostete 12 000 Pfd. Sterl. und seine Leistung bewährte sich als eine solche, daß es die meisten Nebelflecke in Sternhaufen auflöste. Daß der Hohlspiegel als Brennspiegel dienen kann, ist bereits bei der Wärme erwähnt worden. Aber er ist auch ein vortreffliches Mittel zur Lichtverstärkung, denn alle Lichtstrahlen eines innerhalb seines Brennpunktes aufgestellten Lichtes wirft er in paralleler Richtung zurück, weshalb er bei Laternen, Zauberlaternen und Leuchtthürmen angewendet wird.

185 Der erhabene Spiegel bietet weniger Interesse dar. Er heißt auch Zerstreuungsspiegel, weil alle auf ihn fallenden Lichtstrahlen von ihm in auseinandergehender Richtung zurückgeworfen werden. Er giebt verkleinerte Bilder der Gegenstände, wie man an blank polirten erhabenen Metallknöpfen und an den Glaskugeln sehen kann, die man nicht selten an Punkten mit schöner Aussicht aufgestellt antrifft; auch findet derselbe häufig als Taschenspiegel Anwendung.

186 **Brechung des Lichtes.** Wir haben früher gesagt, daß es Körper giebt, welche den Lichtstrahlen den Durchgang durch ihre Masse gestatten. Solche Körper sind z. B. die Luft, das Wasser, das Glas, überhaupt solche, die man durchsichtig nennt. Nicht alle Körper besitzen bekanntlich die Eigenschaft in gleichem Maße. Es giebt halbdurchsichtige und durchscheinende Körper, und endlich solche, die es nur dann sind, wenn ihre Masse eine sehr geringe Ausdehnung hat. So ist selbst das dichte Gold, in ganz dünne Blättchen geschlagen, durchscheinend. Für die Lehre vom Lichte sind jedoch nur die vollkommen durchsichtigen Körper von Wichtigkeit.

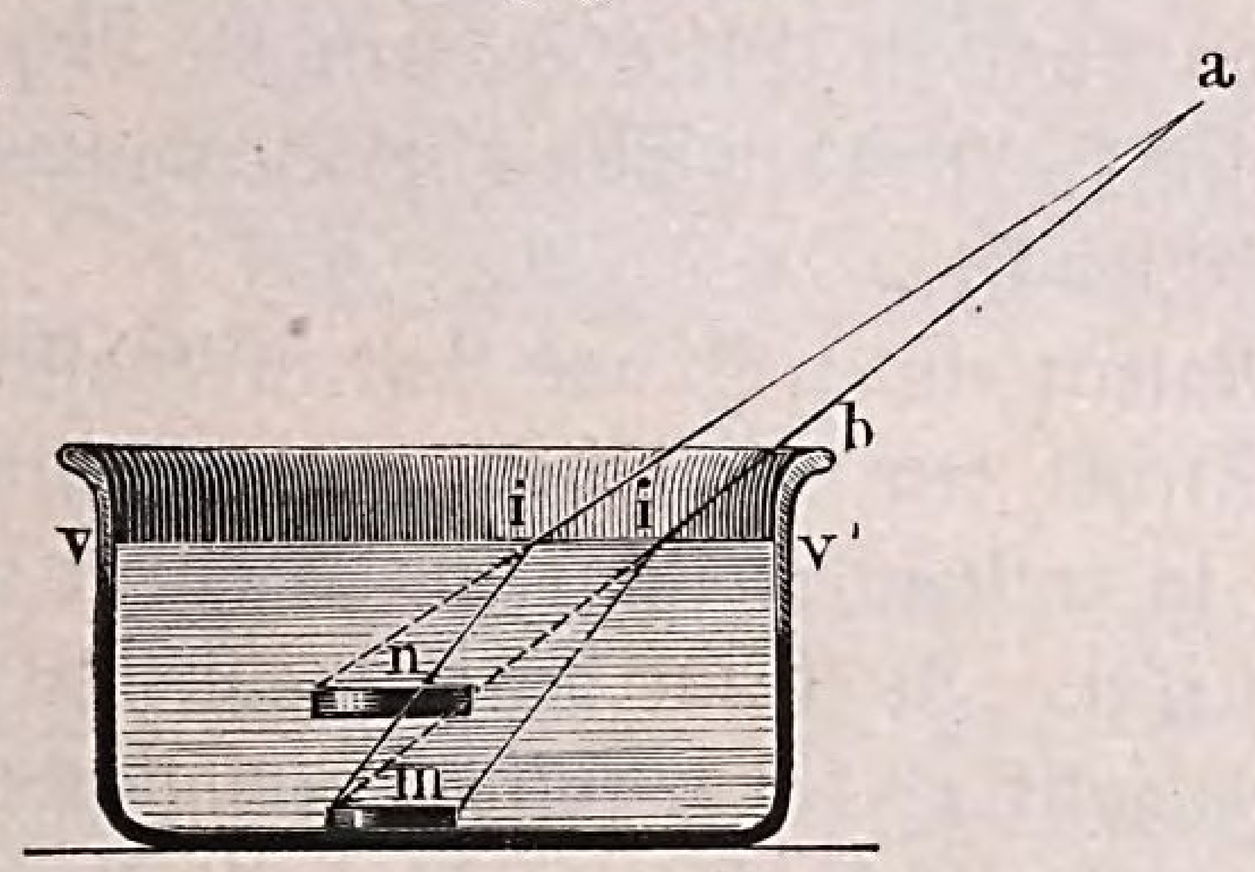
So lange die Lichtstrahlen in einer gleichartigen Materie, z. B. in der Luft, sich fortbewegen, ist ihre Richtung vollkommen geradlinig und unverändert. Trifft ein Lichtstrahl aber auf eine durchsichtige Materie von größerer oder geringerer Dichte, so setzt er seine Bewegung nicht in der seitherigen Richtung fort, sondern in einer andern, die mit jener einen größern oder kleinern Winkel macht.

Man sagt in diesem Falle: „der Lichtstrahl wird gebrochen oder refrangirt“, und nennt den Winkel, der die Größe der Brechung bezeichnet, Brechungswinkel.

Die gewöhnlichsten Brechungserscheinungen kommen vor, wenn Licht aus dem Weltraume in die dichtere Atmosphäre der Erde gelangt, ferner wenn es aus der Luft durch Wasser oder Glas geht.

Jedermann kennt die Erscheinung, daß ein gerader Stock von dem Punkte an, wo er in Wasser getaucht ist, gebrochen erscheint. Es rührt dies daher, daß die Lichtstrahlen, die er nach dem Auge sendet, bei ihrem Austritt aus dem Wasser eine Ablenkung erleiden. So könnten wir z. B. den in dem Gefäße vv' (Fig. 179) liegenden Gegenstand m nicht sehen, wenn dasselbe leer ist, und das Auge bei a sich befindet. Gießt man aber Wasser in das Gefäß, so werden die von m nach ii gehenden Lichtstrahlen bei ihrem Austritt aus dem Wasser gebrochen, und es scheint dem Auge jetzt, als ob der Gegenstand bei n, also bedeutend höher liege. Daher scheinen überhaupt im Wasser befindliche Gegenstände, Fische ꝛc., der Oberfläche desselben näher, als es wirklich der Fall ist.

Fig. 179.



Untersuchen wir mit Hülfe von Fig. 180 die Brechungserscheinungen etwas näher. ln ist ein Lichtstrahl, welcher auf eine Wasserfläche trifft. Die Senkrechte $p'p$ wird das Einfallloth und der Winkel i der Einfallwinkel genannt; ns ist der gebrochene Strahl und r der Brechungswinkel. Alle diese Linien liegen in ein und derselben Ebene. Zwischen diesen Winkeln besteht für alle lichtbrechenden Materien eine gesetzmäßige Beziehung, welche durch Fig. 181

Fig. 180.

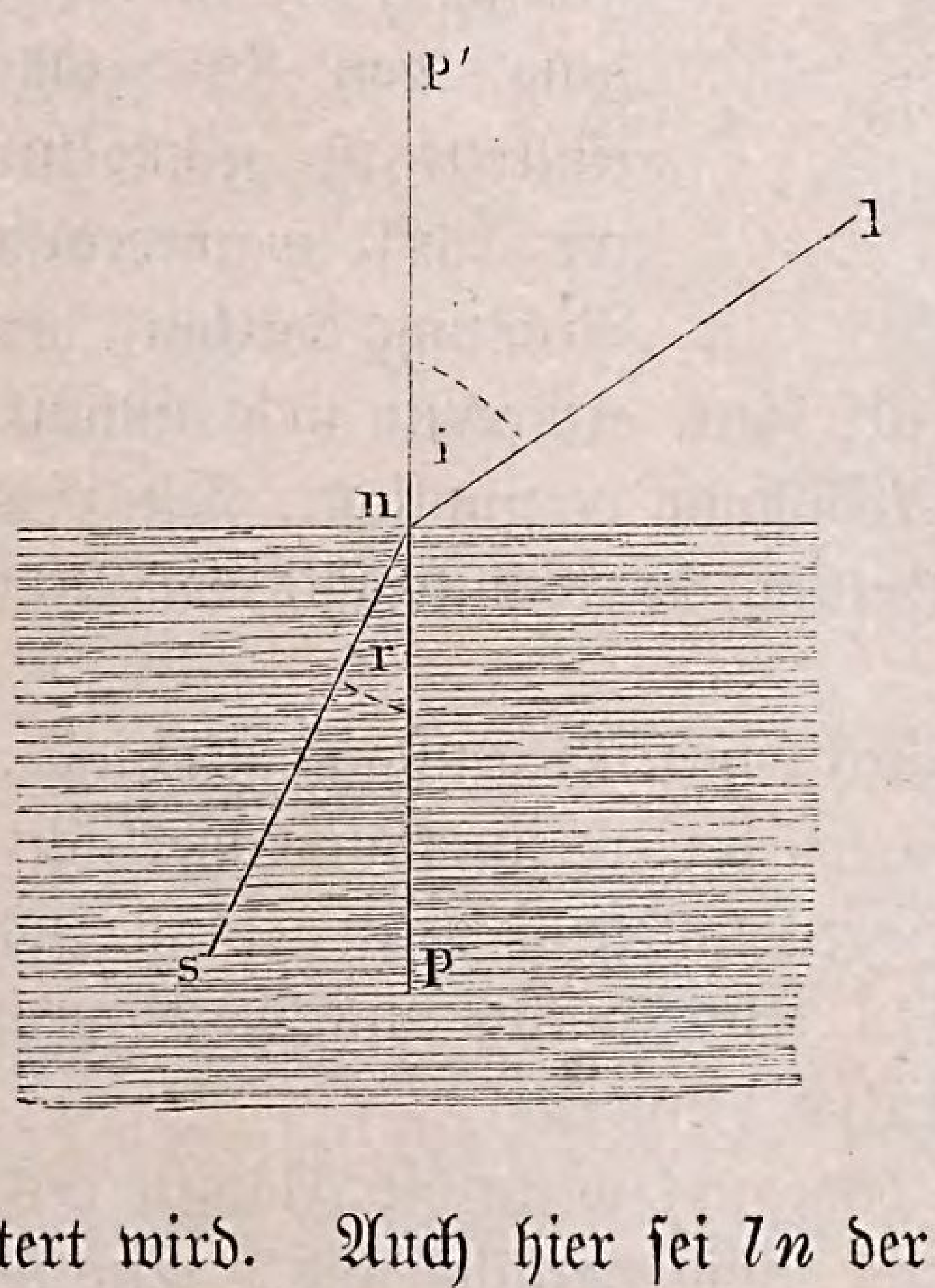
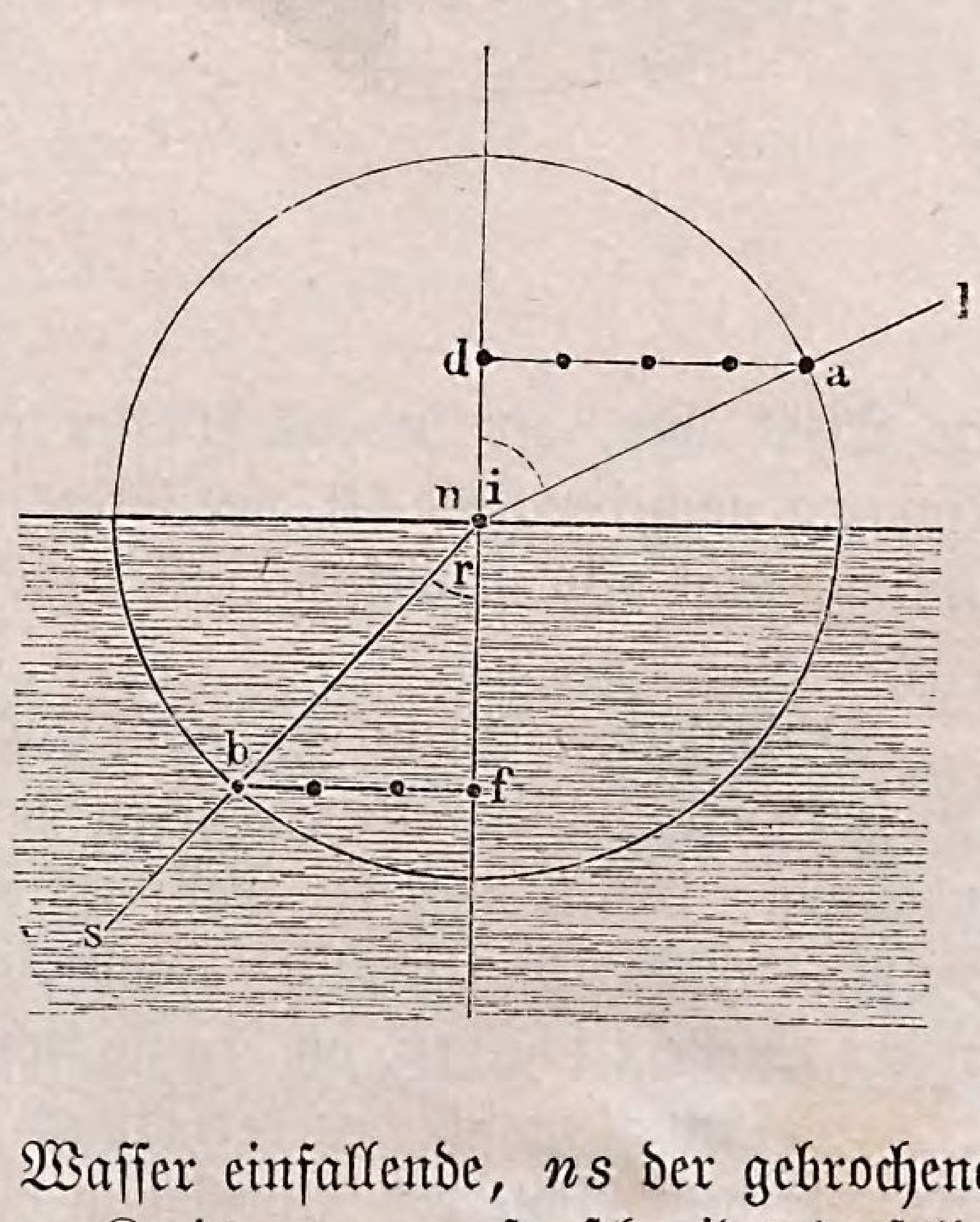


Fig. 181.



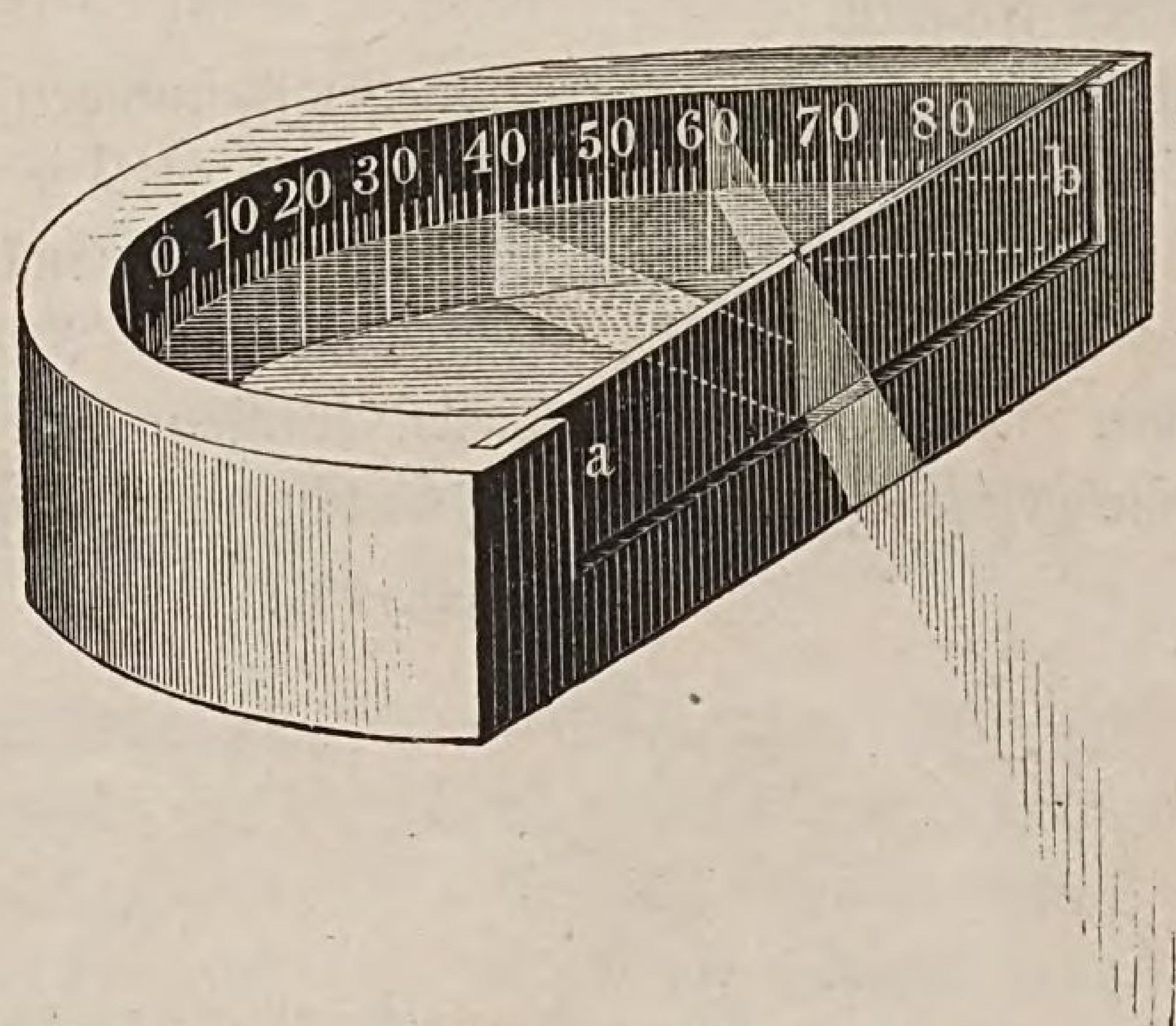
erläutert wird. Auch hier sei ln der in Wasser einfallende, ns der gebrochene Strahl. Denkt man sich nun um n einen Kreis gezogen, so schneidet derselbe den einfallenden Strahl bei a und den gebrochenen bei b; fällt man hierauf von

a die Senkrechte ad, von b die Senkrechte bf auf das Einfallloth, so wird fb stets $^3/_4$ von ad sein.

Wenn der Radius des Kreises = 1 gesetzt wird, so nennt man die erwähnten Senkrechten die Sinus der entsprechenden Winkel. Daher läßt sich das Brechungsgesetz für den Uebergang der Lichtstrahlen von Luft in Wasser einfach ausdrücken wie folgt: „der Sinus des Einfallwinkels ist $^4/_3$ vom Sinus des entsprechenden Brechungswinkels“, oder in Zeichen: $sin.i = {}^4/_3\, sin.r$ (vergl. Astronomie, §. 19). Beim Uebergang von Luft in Glas erleiden die Lichtstrahlen eine stärkere Ablenkung, denn in diesem Falle ist der Sinus des Brechungswinkels ungefähr $^2/_3$ vom Sinus des Einfallwinkels.

Tritt der Lichtstrahl in eine dichtere Materie ein, z. B. aus Luft in Wasser, Fig. 180, so nähert sich der gebrochene Strahl dem Einfallloth $p'p$. Würde umgekehrt der Lichtstrahl von s ausgehen, so entfernt er sich beim Uebertritt in die weniger dichte Materie von dem Loth $p'p$. Je kleiner der Einfallwinkel i wird, desto kleiner wird auch der Brechungswinkel r; beim senkrecht einfallenden Lichtstrahl ist ersterer gleich Null, folglich erleidet dieser Strahl keine Brechung. Zur Bestätigung des Gesagten benutzen wir das halbrunde Behälter, Fig. 182, dessen vordere aus Glas bestehende Wand ab schwarz gefirnißt ist, jedoch mit Ausnahme eines in der Mitte befindlichen ganz schmalen Fensters. Das Gefäß ist nur zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Läßt man nun durch die Fensterspalte einen Lichtstrahl, z. B. in der Richtung nach der Zahl 60, eintreten, so geht dessen oberer Theil in unveränderter Richtung dorthin, der untere Theil aber, der in das Wasser eintritt, wird gebrochen und nimmt seine Richtung nach der Zahl 40, wie beides die Abbildung versinnlicht. Die Gradeintheilung zeigt also in diesem Falle eine Ablenkung des Lichtstrahls von 20 Grad.

Fig. 182.



187 **Prisma.** Wenn ein Lichtstrahl durch einen Gegenstand geht, der nur geringe Dicke und parallele Flächen hat, so erleidet er eine kaum merkliche Veränderung. Es ist dies der Fall bei den sogenannten Plangläsern, und ein Beispiel der Art bieten unsere Fensterscheiben, durch welche uns die Gegenstände an der Stelle erscheinen, an der sie sich wirklich befinden.

Wesentlich verschieden verhält es sich dagegen, wenn die Flächen des Körpers, der dem Lichte den Durchgang gestattet, nicht parallel sind. Ein Körper welcher zwei solche Flächen besitzt, heißt in der Optik ein Prisma, und am gewöhnlichsten kommen dreiseitige Prismen, Fig. 183, in Anwendung. Der

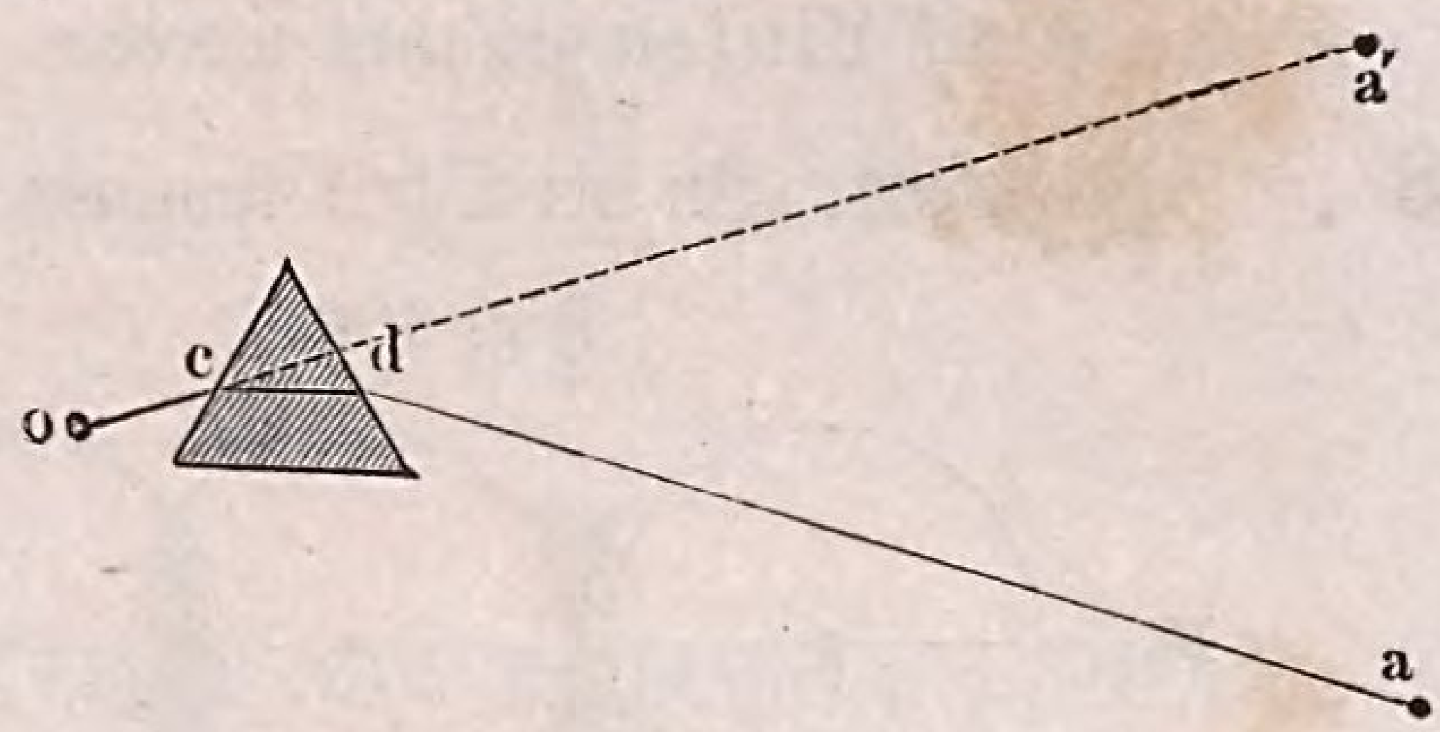
Winkel, welchen zwei lichtbrechende Flächen desselben mit einander bilden, heißt der brechende Winkel und ihre Durchschnittslinie (bb') brechende Kante.

Fällt von einem leuchtenden Punkte a, Fig. 184, ein Lichtstrahl ad auf ein Prisma, so wird derselbe zweimal gebrochen und erhält bei seinem Austritt

Fig. 183.



Fig. 184.

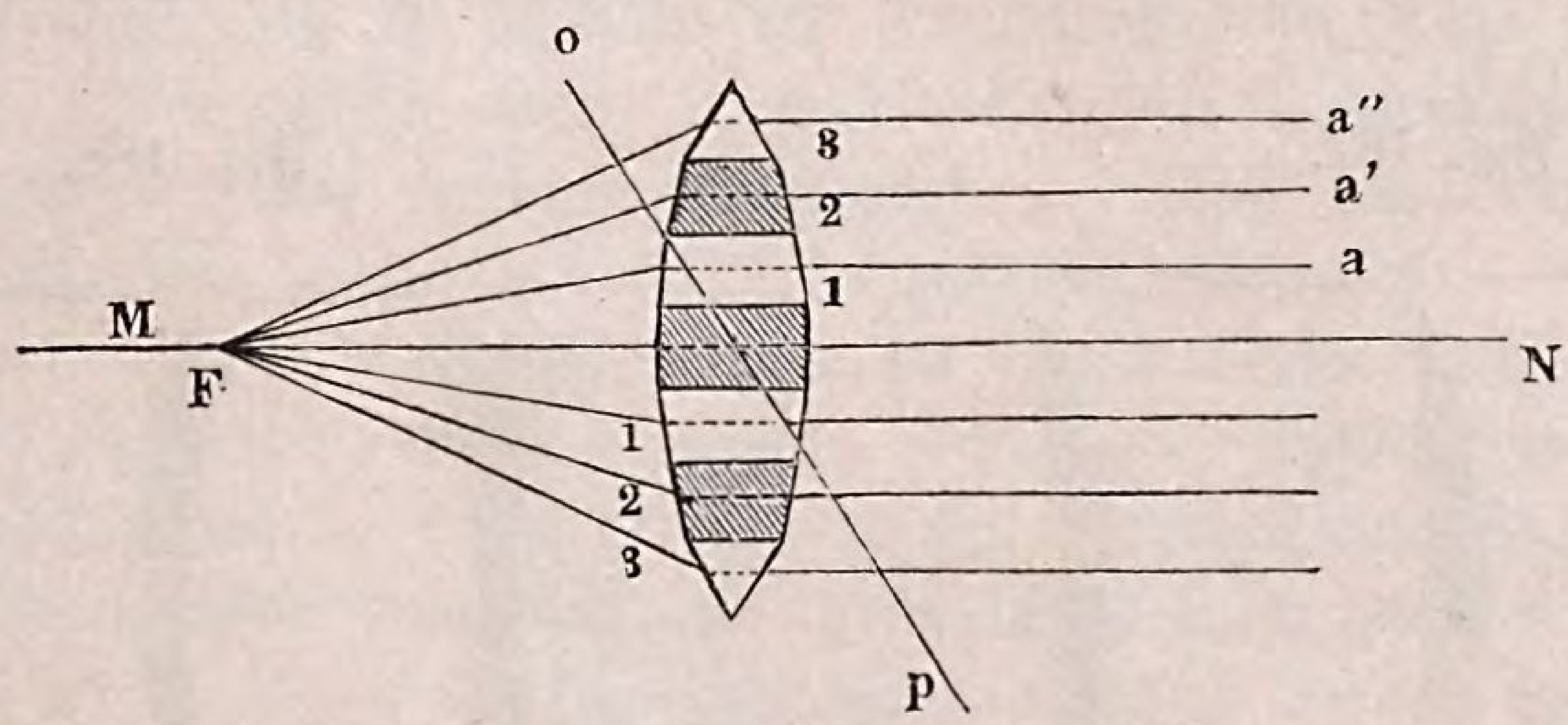


die Richtung co. Einem in o befindlichen Auge erscheint der leuchtende Punkt in der Richtung oa', also nach der Seite der brechenden Kante abgelenkt. Die durch ein Prisma betrachteten Gegenstände sieht man jedoch nicht allein von ihrer Stelle verschoben, sondern auch mit farbigen Rändern umgeben, wovon später die Rede sein wird.

Ausgehend von dem Gesetz: daß bei Prismen die Brechung der Strahlen stets nach der Seite der brechenden Kante geschieht und daß dieselbe um so stärker ist, je größer der brechende Winkel ist, lassen sich von dem Prisma die Eigenschaften der verschiedenen optischen Gläser ableiten.

Zu beiden Seiten eines Planglases, das in Fig. 185 die Mitte einnimmt, seien die Prismen 1, 2, 3 angefügt, wovon jedes folgende einen größern brechen-

Fig. 185.



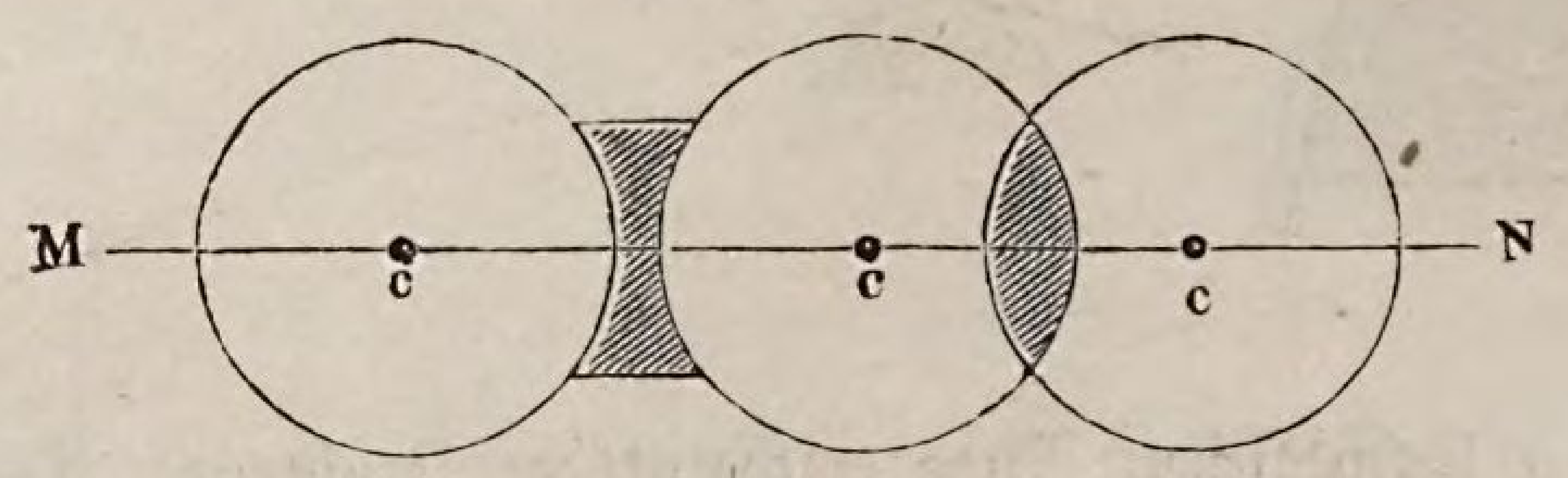
den Winkel hat. Wir nennen Achse die senkrecht durch die Mitte des Planglases gelegte Linie MN, und ein in dieser Richtung durch dasselbe gehender Lichtstrahl wird nicht abgelenkt. Dagegen werden die mit der Achse parallelen Strahlen a, a', a'' beim Durchgang durch die Prismen gebrochen und der Achse zugelenkt. Indem die äußeren, stumpferen Prismen die Strahlen stärker brechen, können letztere die Achse in einem gemeinschaftlichen Punkte F, dem sogenannten Brennpunkt, schneiden. Wie die Figur zeigt, sind je zwei der sich gegenüberliegenden Flächen der entsprechenden Prismen einander parallel. Daher wird ein durch zwei solche Flächen und die Mitte des Planglases gehender Strahl op nicht

abgelenkt. Der Punkt, in welchem derselbe die Achse schneidet, heißt der optische Mittelpunkt, und jeder durch diesen gehende Strahl heißt ein Hauptstrahl.

Stellen wir uns vor, es seien in ähnlicher Weise zu beiden Seiten eines sehr schmalen Mittelstückes eine Anzahl sehr schmaler Prismen angesetzt, so erscheint das Ganze als eins der von krummen Flächen begränzten Gläser, welche in der Optik Linsen genannt werden.

188 **Linsen.** In der Optik kommen nur sphärische Linsen zur Verwendung, d. h. solche, deren Gränzflächen Stücke von Kugelflächen sind, wie dies aus Fig. 186 zu erkennen ist. Die Achse einer Linse ist die gerade Linie *MN*, welche die Mittelpunkte *c* der Kugelflächen verbindet, aus welchen die Linse gebildet wird. Man unterscheidet zwei Hauptarten von Linsen, nämlich:

Fig. 186.



1) Sammellinsen oder Convexlinsen, welche in der Mitte dicker sind als am Rande.

2) Zerstreuungslinsen oder Concavlinsen, bei welchen es sich umgekehrt verhält.

In Fig. 187 sehen wir verschiedene Formen von Sammellinsen: 1. die biconvexe, 2. die planconvexe und 3. die concavconvexe Linse. Fig. 188 zeigt uns verschiedene Formen von Zerstreuungsgläsern: 1. die biconcave, 2. die planconcave und 3. die convexconcave Linse. Die Formen 3. werden auch Menisken genannt und finden insbesondere als Brillengläser Verwendung.

Fig. 187.

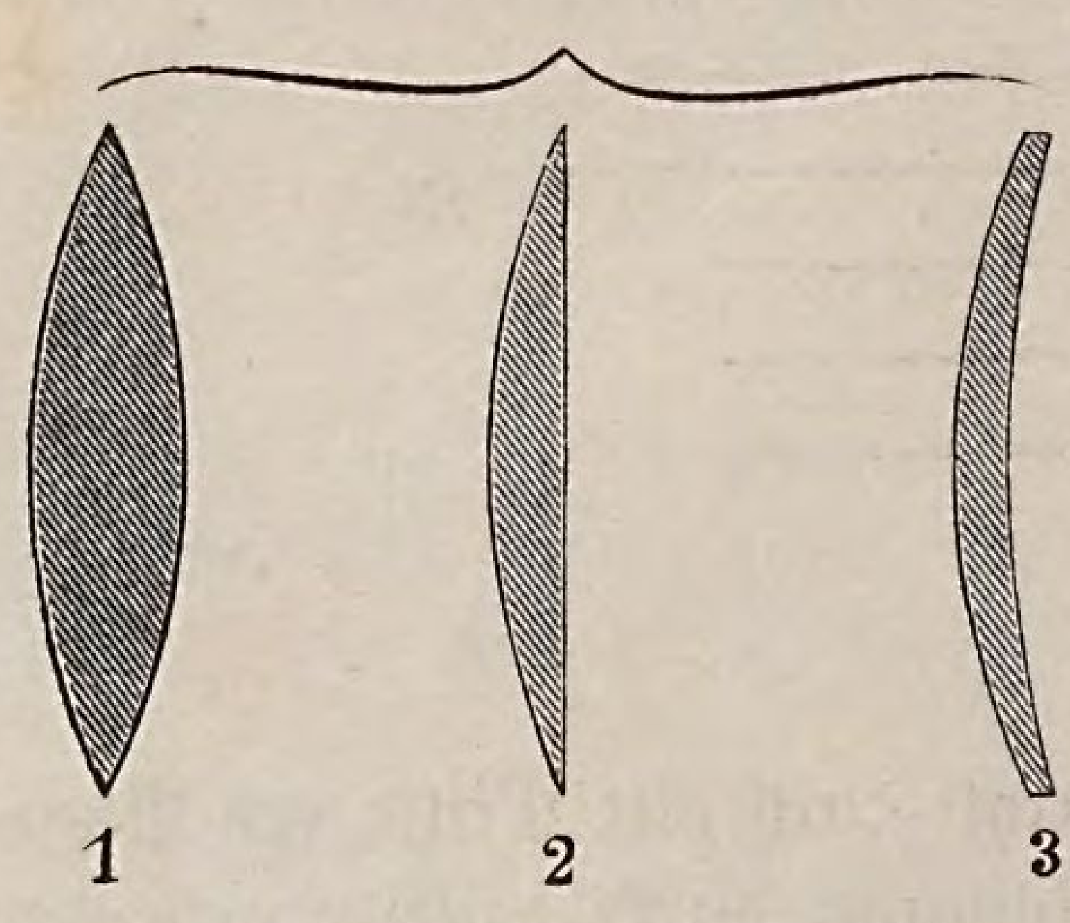
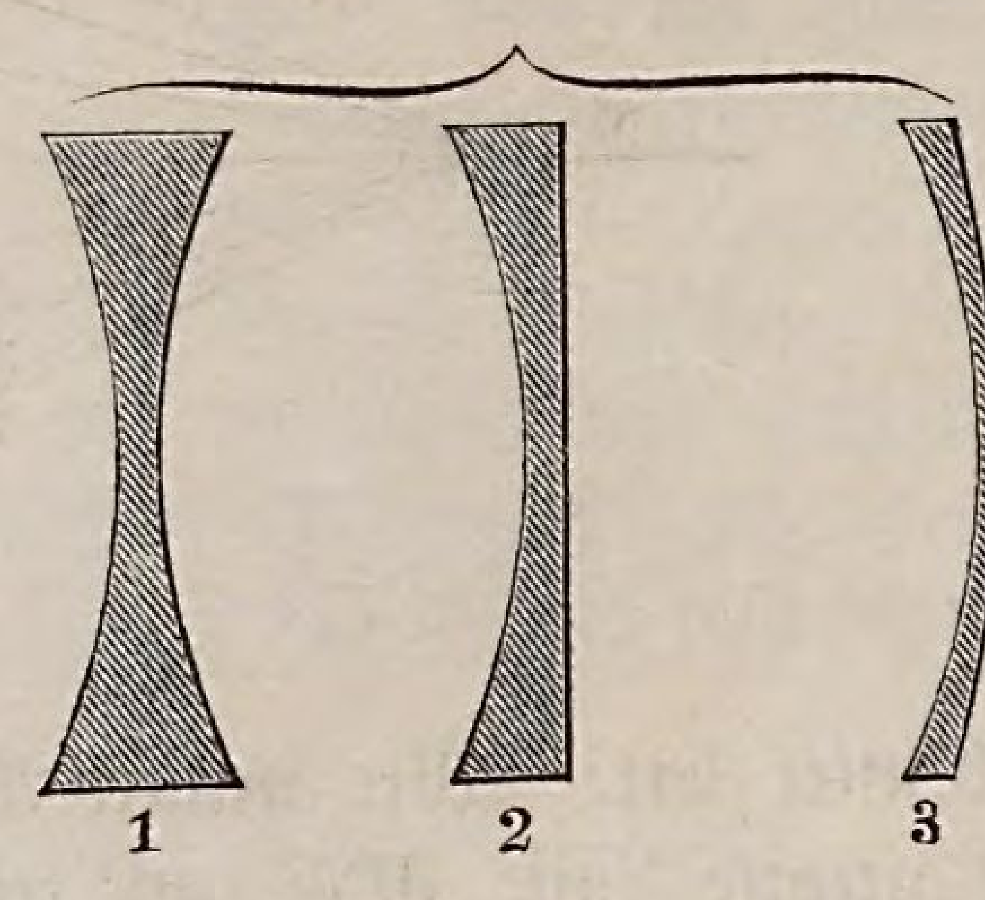


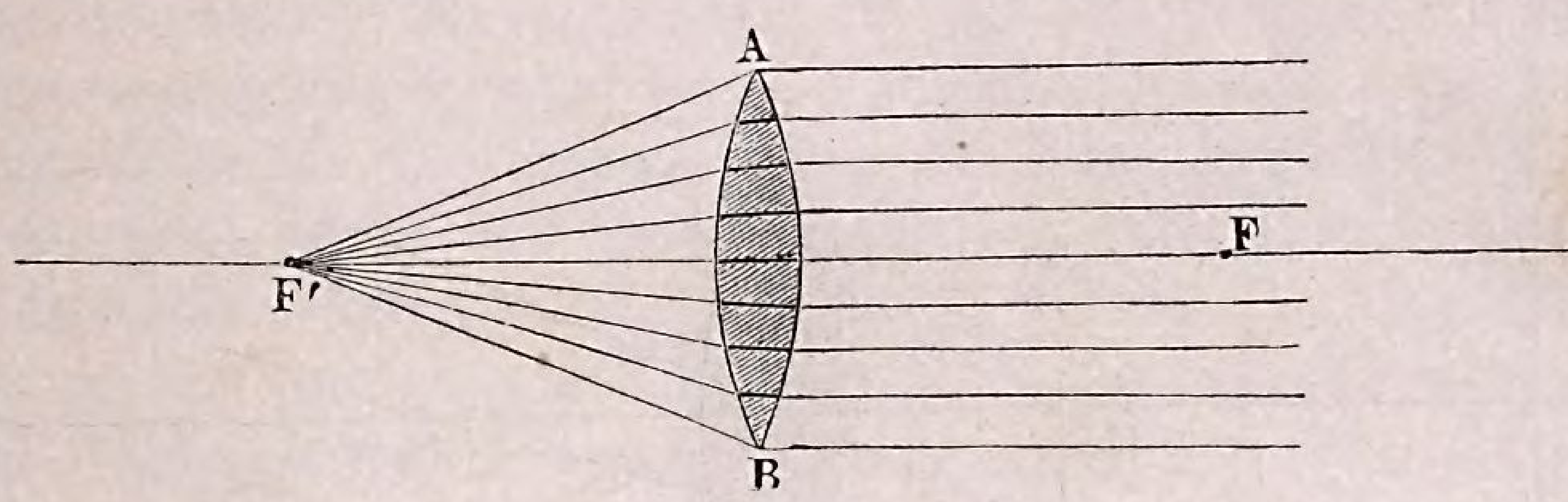
Fig. 188.



189 **Sammellinsen.** Die Eigenschaften derselben sind im Wesentlichen bereits in §. 187 erläutert worden. Ihren Namen haben sie von der Eigenschaft, daß, während jeder durch denselben gehende Hauptstrahl unverändert bleibt, alle mit der Achse parallel laufende Strahlen nach dem Brennpunkt oder Focus der Linse gebrochen werden, Fig. 189; sein Abstand von der Linse wird Brennweite genannt, und dieselbe ist bei dem biconvexen Glase, von beiderseits gleicher Krümmung, gleich dem Halbmesser seiner Flächen. Selbstverständlich hat man

an jeder Linse zwei Brennpunkte zu berücksichtigen, nämlich einen auf jeder Seite derselben, die mit F und F' bezeichnet zu werden pflegen. Praktisch ist der

Fig. 189.



Brennpunkt einer Linse leicht zu finden, indem man Sonnenstrahlen senkrecht auf die eine Seite derselben fallen läßt und auf die andere ein Blatt Papier hält. Auf diesem wird man nun einen hellen Lichtring sehen, der sich vergrößert oder verkleinert, je nach der Entfernung, in welche man das Papier bringt. Hält man dieses so, daß der Lichtring sich fast zu einem Punkte von blendendem Lichte verkleinert hat, so befindet es sich in dem Brennpunkte des Glases. An dieser Stelle sind auch die mit dem Lichte auffallenden Wärmestrahlen vereinigt, weshalb dort eine höhere Temperatur fühlbar wird, die hinreicht, Körper zu entzünden. Deshalb wird die Sammellinse auch Brennglas genannt.

In paralleler Richtung treffen auf die Sammellinse nur solche Strahlen, die von einer sehr weit entfernten Lichtquelle ausgehen, wie z. B. die Sonnenstrahlen. Die von näheren Lichtquellen kommenden Strahlen erreichen die Linse in auseinander gehender Richtung und werden nach einem Punkte der Achse gebrochen, der weiter von der Linse entfernt ist, als der Brennpunkt. Rückt die Lichtquelle so nahe, daß sie in einen der Brennpunkte der Linse gelangt, F, Fig. 189, so treten auf der andern Seite die Strahlen in paralleler Richtung aus, und wenn sie endlich zwischen Brennpunkt und Linse sich befindet, dann verlassen die Strahlen letztere in auseinander gehender Richtung.

Sehen wir nun, welche Erscheinungen die Sammellinsen darbieten. Auch 190
hier lassen sich die Bilder, welche entstehen, construiren, ähnlich wie es bei den Spiegeln der Fall war. Man verfolgt einige Lichtstrahlen, die von einem Punkte des Gegenstandes ausgehen, auf ihrem Wege durch die Linse. Da wo dieselben nach der Brechung sich schneiden, oder verlängert gedacht sich schneiden würden, erscheint jener Punkt dem Auge. In Fig. 190 (a. f. S.) haben wir eine Linse VW und den Gegenstand AB, der zwischen dem Glase und dessen Brennpunkt F sich befindet.

Der von dem Punkte A parallel mit der Achse ausgehende Lichtstrahl Ac wird nun so gebrochen, daß er durch F' geht; der von A durch den Mittelpunkt der Linse gehende Hauptstrahl bleibt unverändert; beide Strahlen verlängert schneiden sich in a, an welchem dem jenseits der Linse befindlichen Auge der Punkt A erscheint. Entsprechend verhält es sich mit dem Punkte B, sowie mit jedem andern Punkte des Gegenstandes AB, so daß hierdurch ein vergrößertes Bild ab entsteht.

Befindet sich dagegen, wie in Fig. 191, der Gegenstand *AB* etwas über den Brennpunkt *F* hinausgerückt, so erhält man auf der anderen Seite des Glases

Fig. 190.

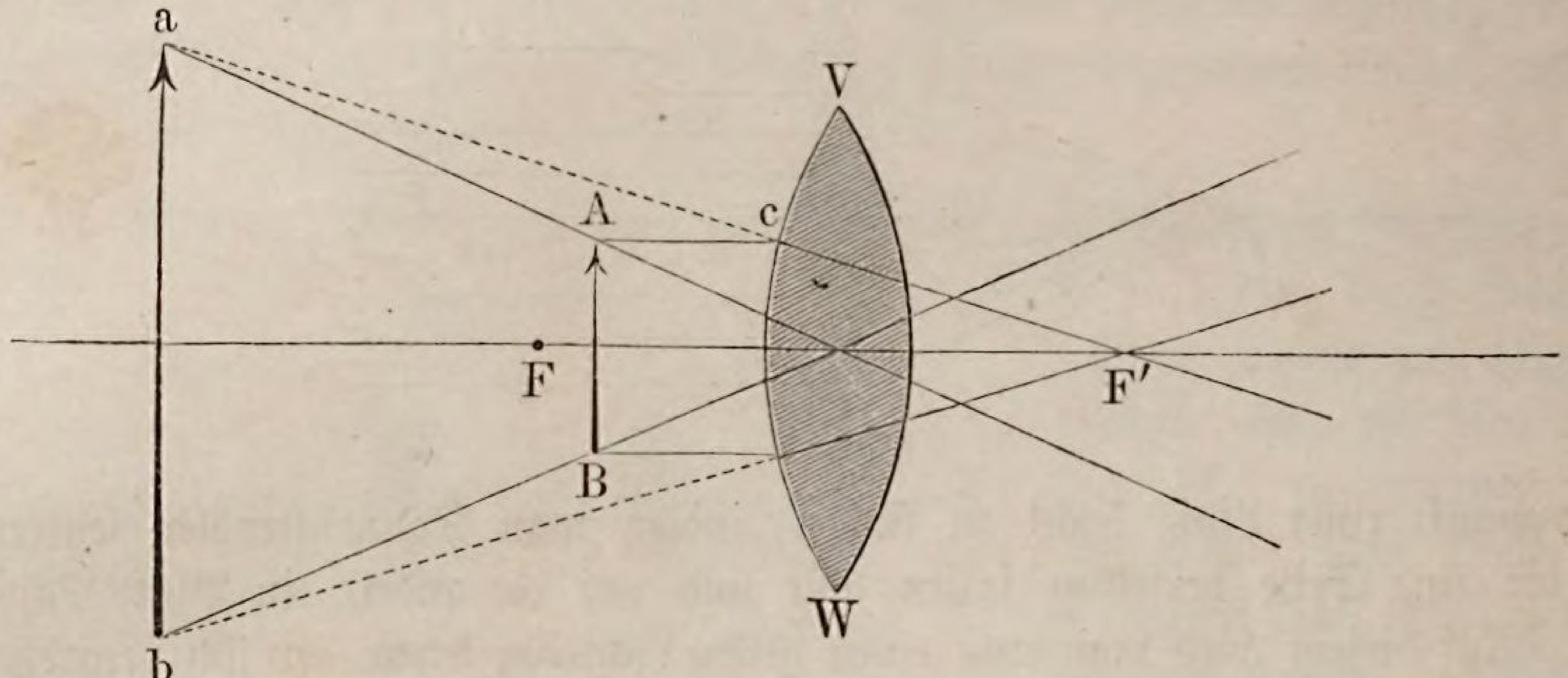
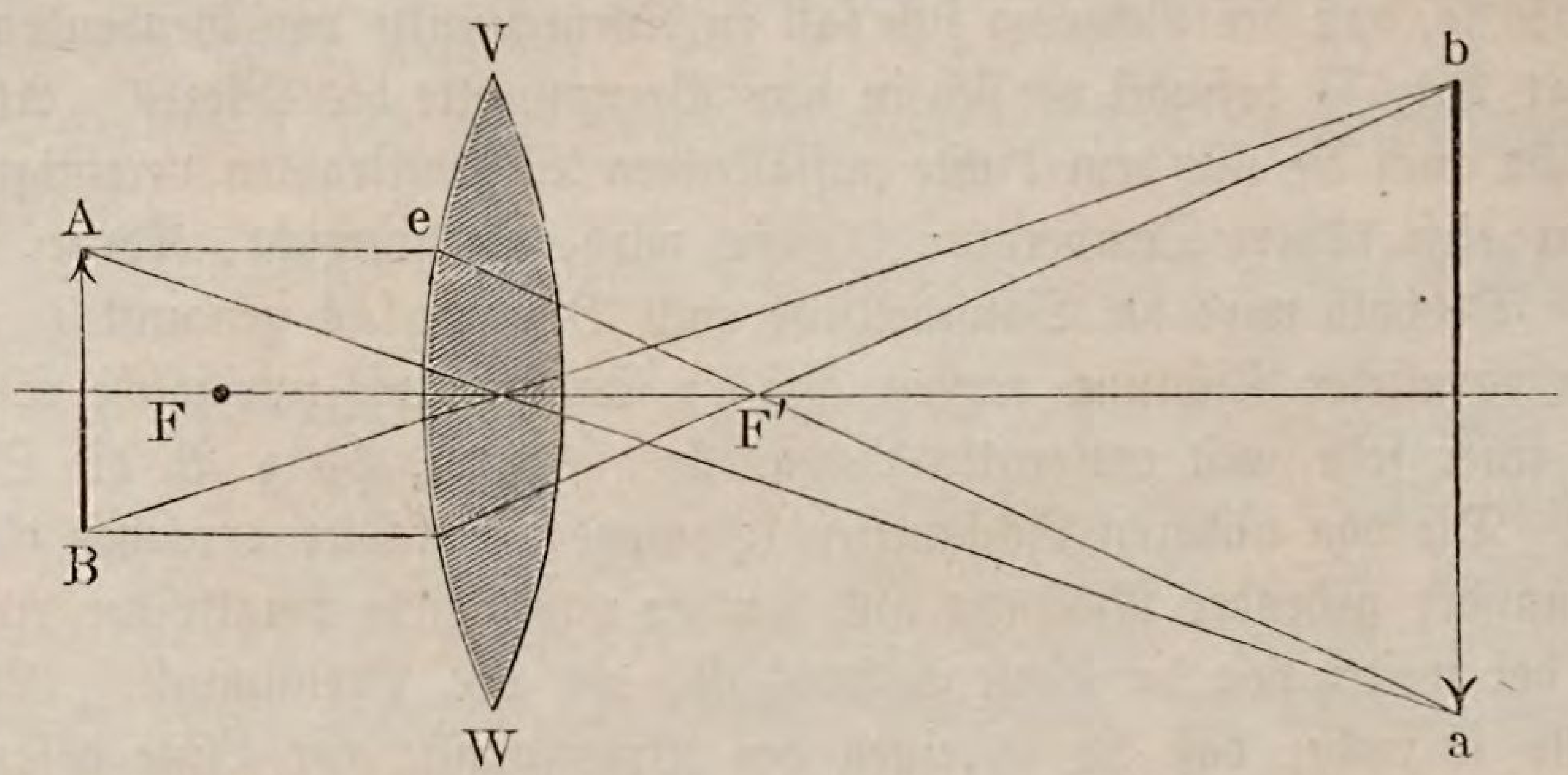


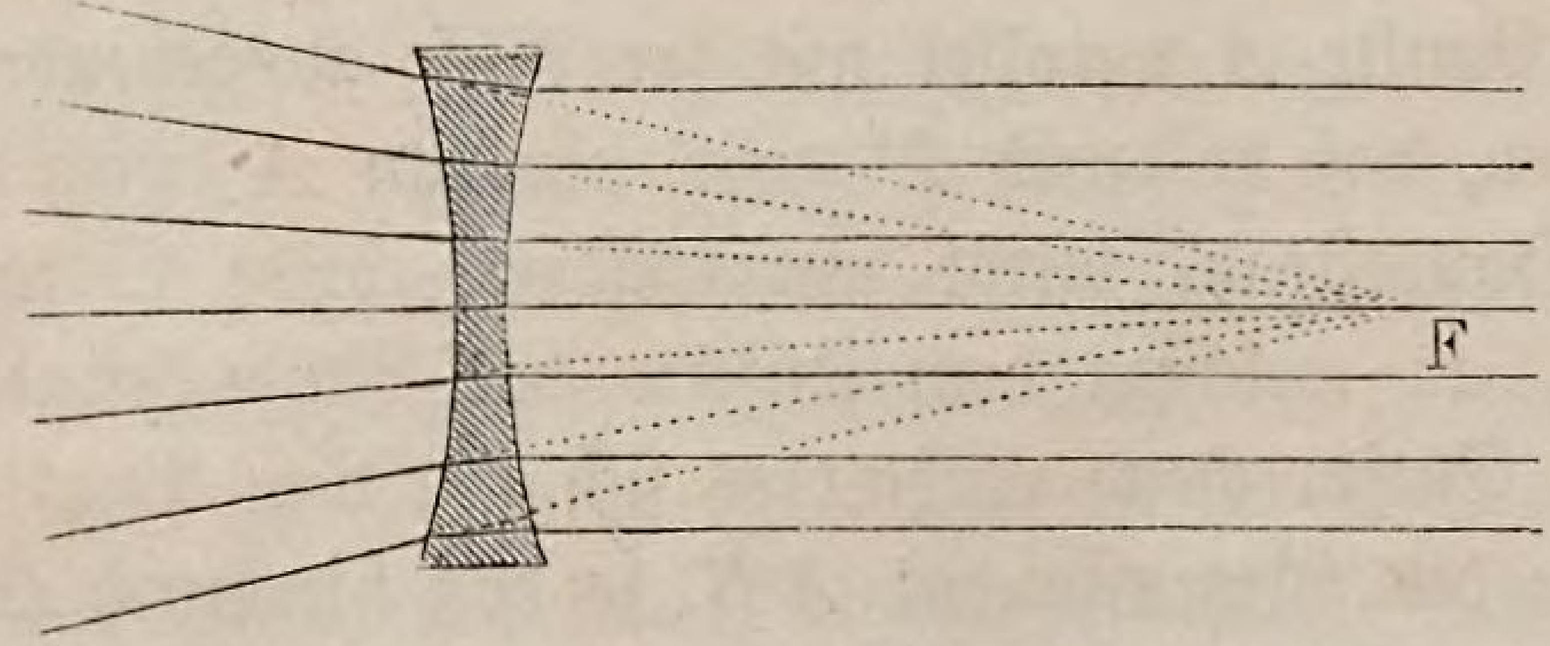
Fig. 191.



ein vergrößertes aber umgekehrtes physisches Bild *ba*, welches auf Papier aufgefangen werden kann. Von entfernten Gegenständen giebt die Sammellinse ein verkleinertes, umgekehrtes Bild, welches sich im Brennpunkte befindet, wenn der Gegenstand unendlich weit entfernt ist, wie z. B. die Sonne.

191 **Zerstreuungslinse.** Ihre Eigenschaften sind wesentlich verschieden von denen der erhabenen Linse, denn alle parallel mit ihrer Achse laufenden Lichtstrahlen werden so gebrochen, daß sie bei dem Austritte auseinandergehen (divergiren), als ob sie von dem Punkte *F*, Fig. 192, herkämen. Strahlen, die

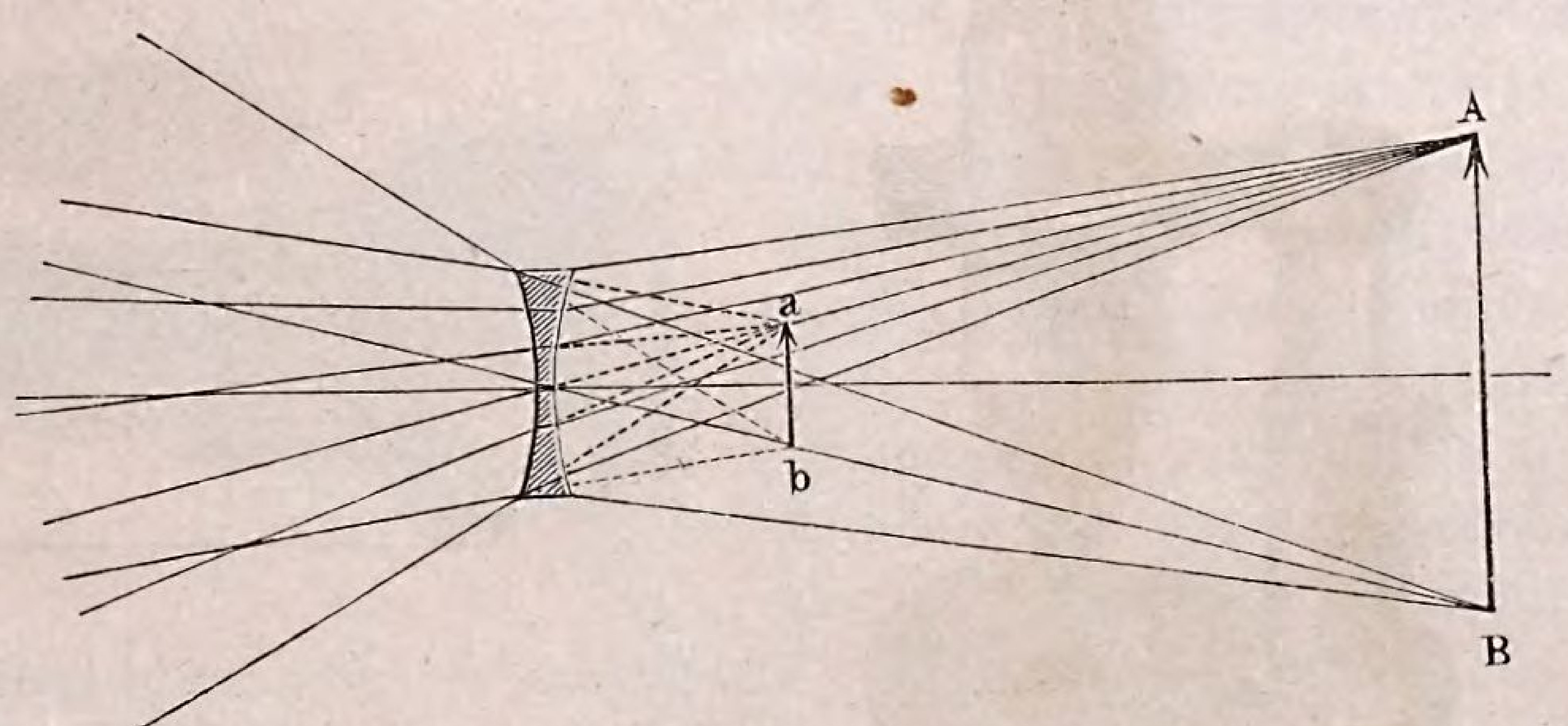
Fig. 192.



von einem Punkte ausgehend eine Hohllinse passiren, werden hierdurch noch divergirender, als ob sie von einem näher liegenden Punkte kämen. Treffen zusammenlaufende (convergirende) Lichtstrahlen auf die vertiefte Linse, so treten sie entweder in paralleler Richtung, Fig. 192, aus, oder, wenn sie nur in geringem Grade convergirten, so divergiren sie nach ihrem Austritt.

Demnach werden die concaven Linsen mit Recht Zerstreuungsgläser genannt. Sie geben niemals ein physisches Bild, und Gegenstände, welche man durch sie betrachtet, erscheinen verkleinert, als ob sie in die Ferne gerückt wären. Denn die von den Punkten *A* und *B*, Fig. 193, ausgehenden Strahlen erleiden eine solche Brechung, daß sie von den Punkten *a* und *b* herzukommen scheinen.

Fig. 193.



Optische Instrumente. Die im Vorhergehenden beschriebenen Eigenschaften verleihen den geschliffenen Gläsern eine außerordentlich große Wichtigkeit. So ist die Sammellinse einzeln für sich genommen das Vergrößerungsglas in der einfachsten Form. Sie heißt alsdann Lupe, und wird bei den feineren Arbeiten von Uhrmachern, Formschneidern, Kupferstechern u. a. m. benutzt. Außerdem ist sie dem Botaniker und Anatomen ein unentbehrliches Werkzeug. 192

Durch die geeignete Vereinigung mehrerer Linsen erhält man die verschiedenen optischen Instrumente. Die Einrichtung derselben beruht im Allgemeinen darauf, daß die von dem zu betrachtenden Object ausgehenden Lichtstrahlen durch eine Linse, Objectivglas genannt, zu einem Bilde vereinigt werden, welches man dann durch ein zweites Glas, Ocular genannt, vergrößert erblickt.

Zur Betrachtung sehr kleiner, in der Nähe befindlicher Gegenstände dient das Mikroskop, von welchem Fig. 194 (a. f. S.) die äußere und Fig. 195 die innere Einrichtung zeigt. (*ab* Objectiv, *sr* Gegenstand, *SR* vergrößertes Bild desselben, *dc* Ocular, *R' S'* nochmals vergrößertes Bild.) Nur die durchsichtigen Objecte sind sehr starker Vergrößerungen fähig; dieselben werden auf einem Glastäfelchen über den kreisrunden Ausschnitt des sogenannten Tisches Fig. 194 gelegt und von unten durch den Spiegel *k* erleuchtet. Bei Angaben über die Vergrößerungen des Mikroskops ist immer nur die lineare Ausdehnung verstanden. Da mit zunehmender Vergrößerung die Lichtstärke des Bildes abnimmt, so sind die stärksten 600- bis 700fachen Vergrößerungen nicht immer

die deutlichsten; für die meisten mikroskopischen Untersuchungen genügt eine 200- bis 300fache Vergrößerung. Mit Hülfe derselben war man im Stande, ganze Welten kleiner Thiere zu entdecken, von deren Vorhandensein man vorher keine Ahnung hatte, und über den Bau der Pflanzen und größeren Thiere erhielt man die wichtigsten Aufschlüsse.

Fig. 194.

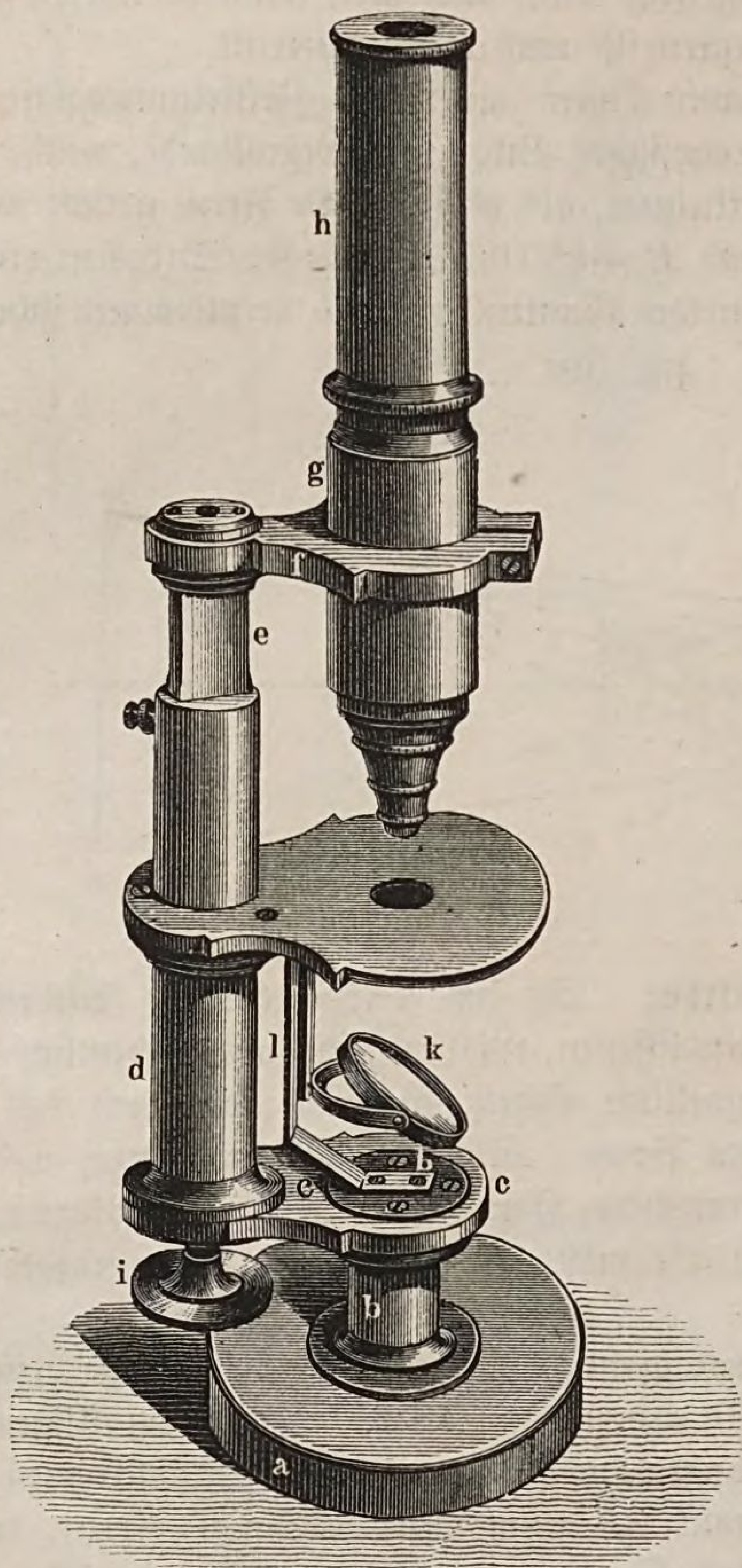
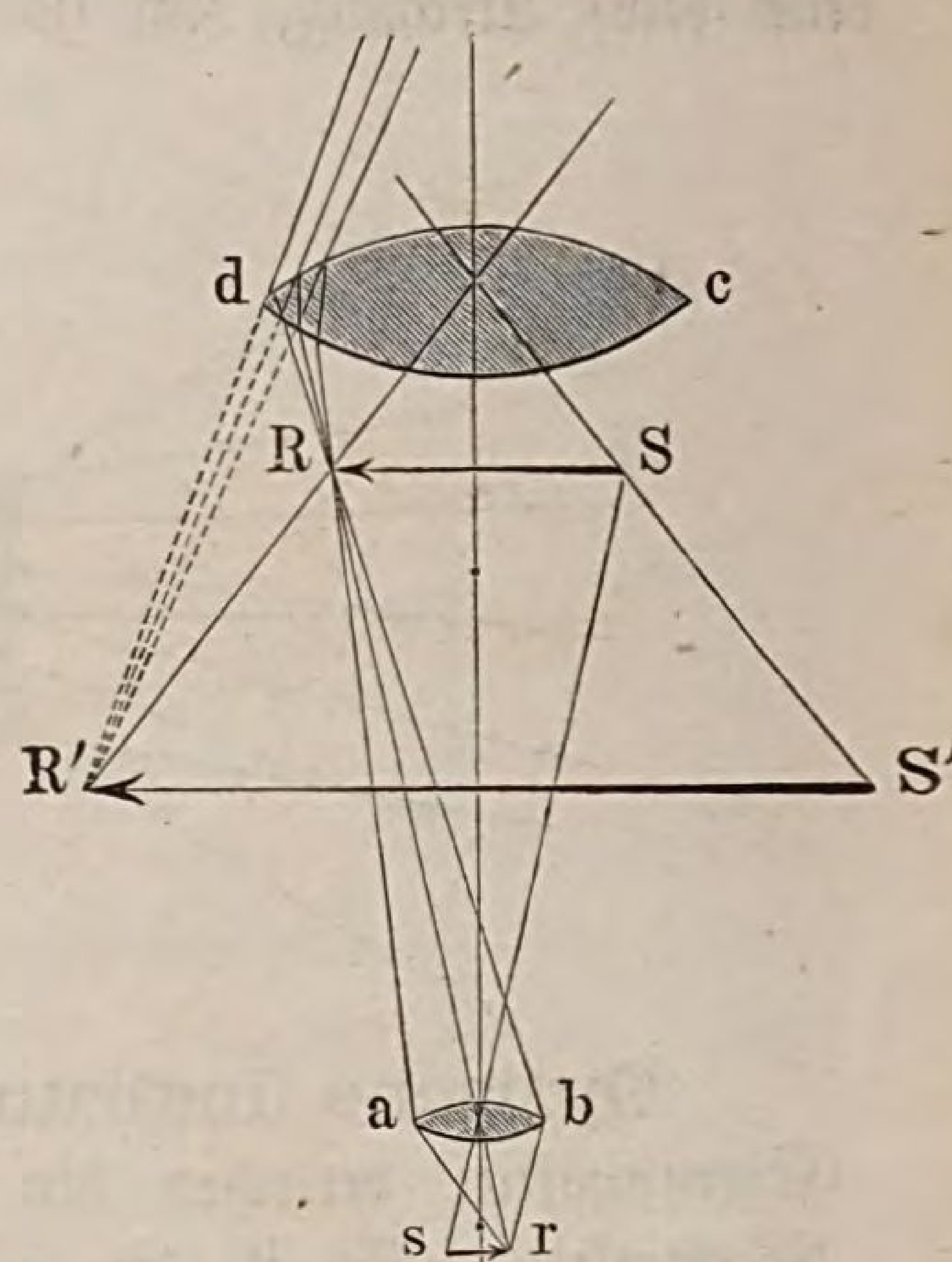


Fig. 195.

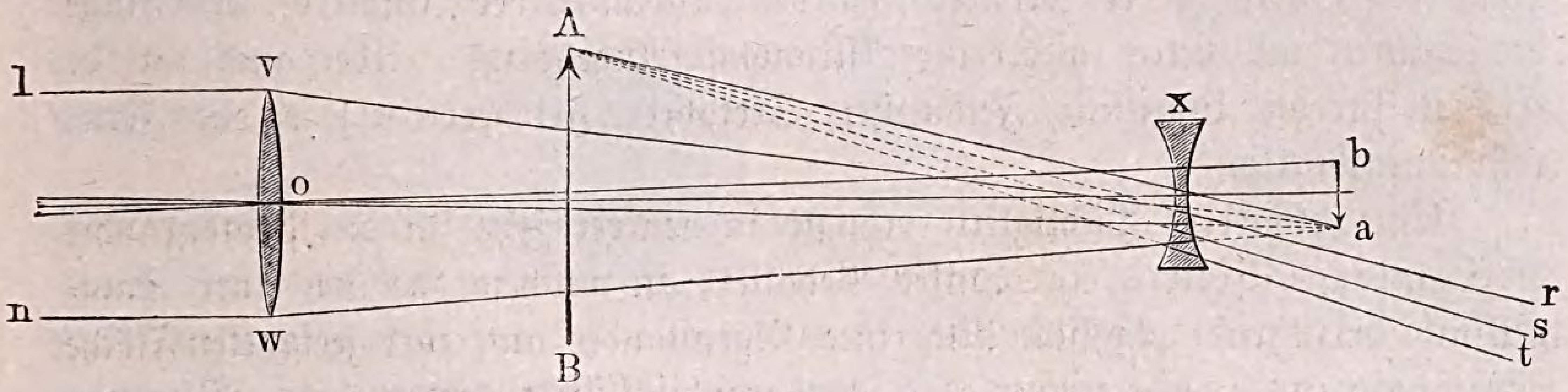


193 Aber nicht allein für die Nähe wurde durch diese Gläser der Blick des Menschen geschärft, sondern auch die Ferne, die ungeheuern Räume des Himmels wurden ihm erschlossen und seine Welten ihm nahe gerückt. Die hierzu dienenden Instrumente heißen *Fernröhren* oder *Teleskope*. Dieselben bieten in ihrer Einrichtung mehrfache Verschiedenheit dar. Bei dem *Holländischen* oder *Galilei'schen Fernrohr*, Fig. 196, ist vw das Objectiv, durch welches von dem entfernten Gegenstand das verkehrte Bild *ba* entstehen würde. Indem jedoch dessen Strahlen durch eine als Ocular eingeschaltete Hohllinse *x* gehen, entsteht das vergrößerte Bild *AB*, indem dasselbe zugleich umgekehrt und somit in richtiger Stellung erscheint.

Diese Einrichtung findet ihre gewöhnlichste Anwendung bei dem einfachen

Theaterperspective Fig. 197, und dem doppelten, oder Binocle. Bei dem astronomischen Fernrohr wird das durch die Objectivlinse vw, Fig. 198,

Fig. 196.



wirklich zu Stande gekommene Bild *ba* durch das Ocular *xy* gerade so betrachtet, wie wir einen Gegenstand durch eine Lupe betrachten; es entsteht hierdurch das vergrößerte Bild *B A*. Dasselbe ist verkehrt, was jedoch bei Betrachtung der Himmelskörper nicht störend ist. Zur Anwendung auf irdische Gegenstände ersetzt man das einfache Ocular durch ein System von Linsen, deren meist vier das zusammengesetzte Ocular *oo*, Fig. 199, bilden, wodurch das Bild nicht nur vergrößert, sondern auch in die entsprechende Stellung

Fig. 197.

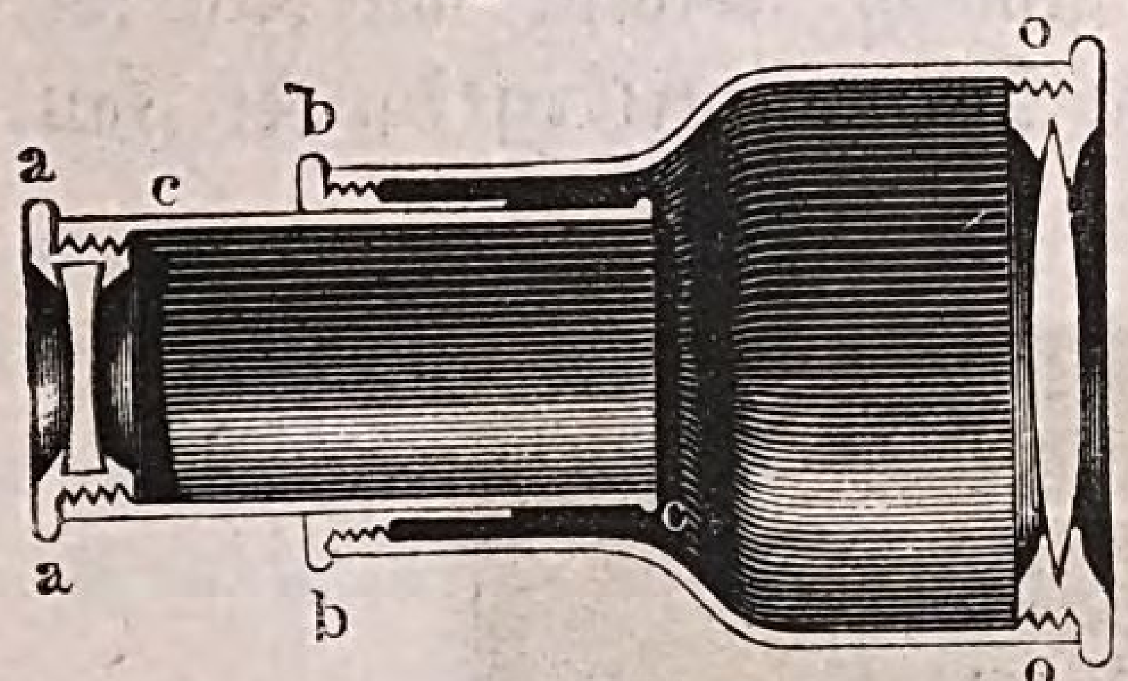


Fig. 198.

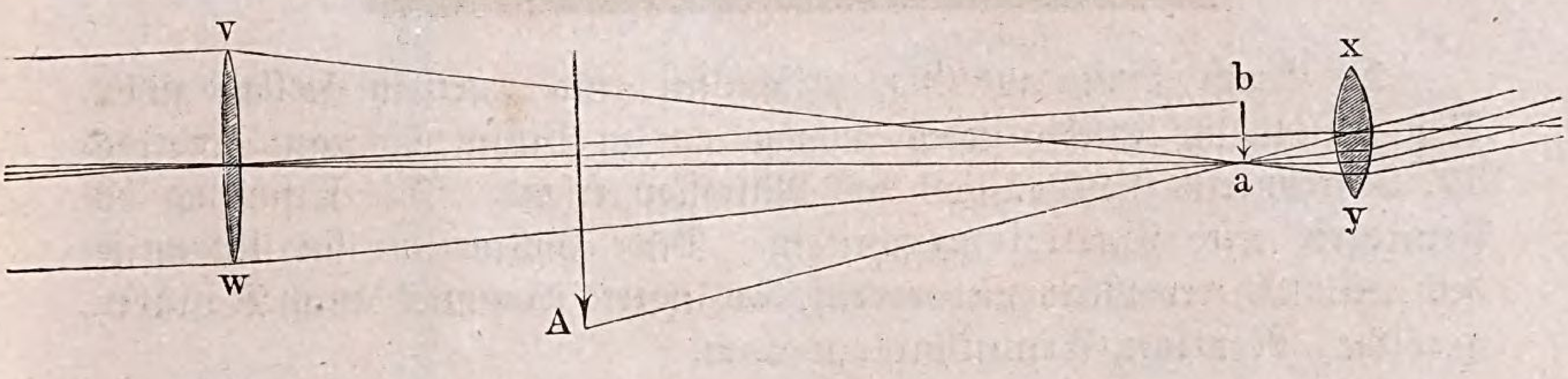
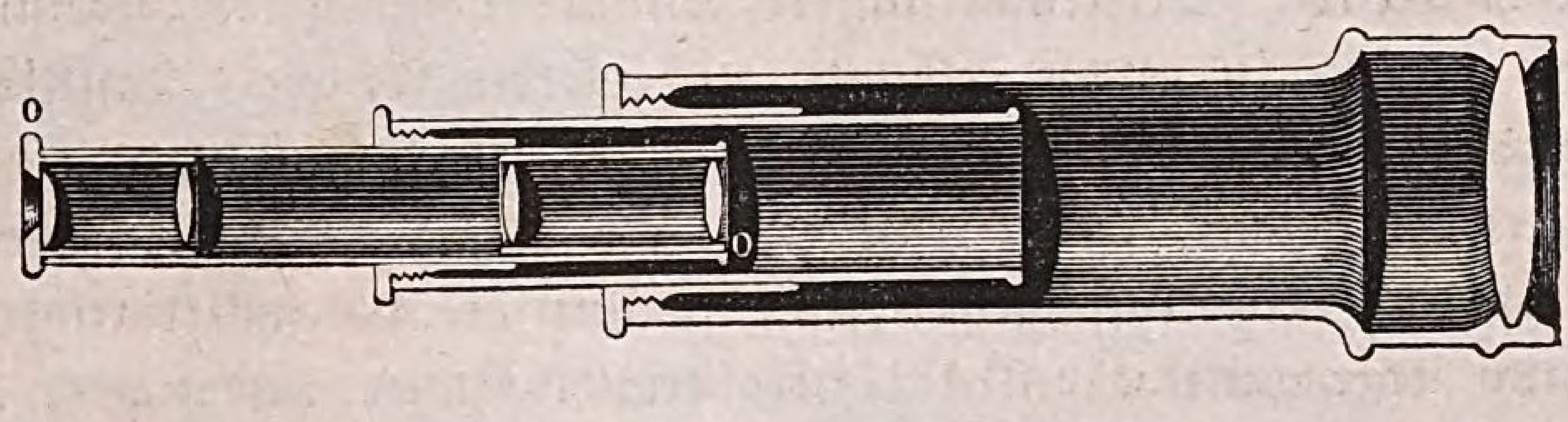


Fig. 199.



des Gegenstandes versetzt wird. Dieses ist die Einrichtung des terrestrischen oder Erdfernrohrs.

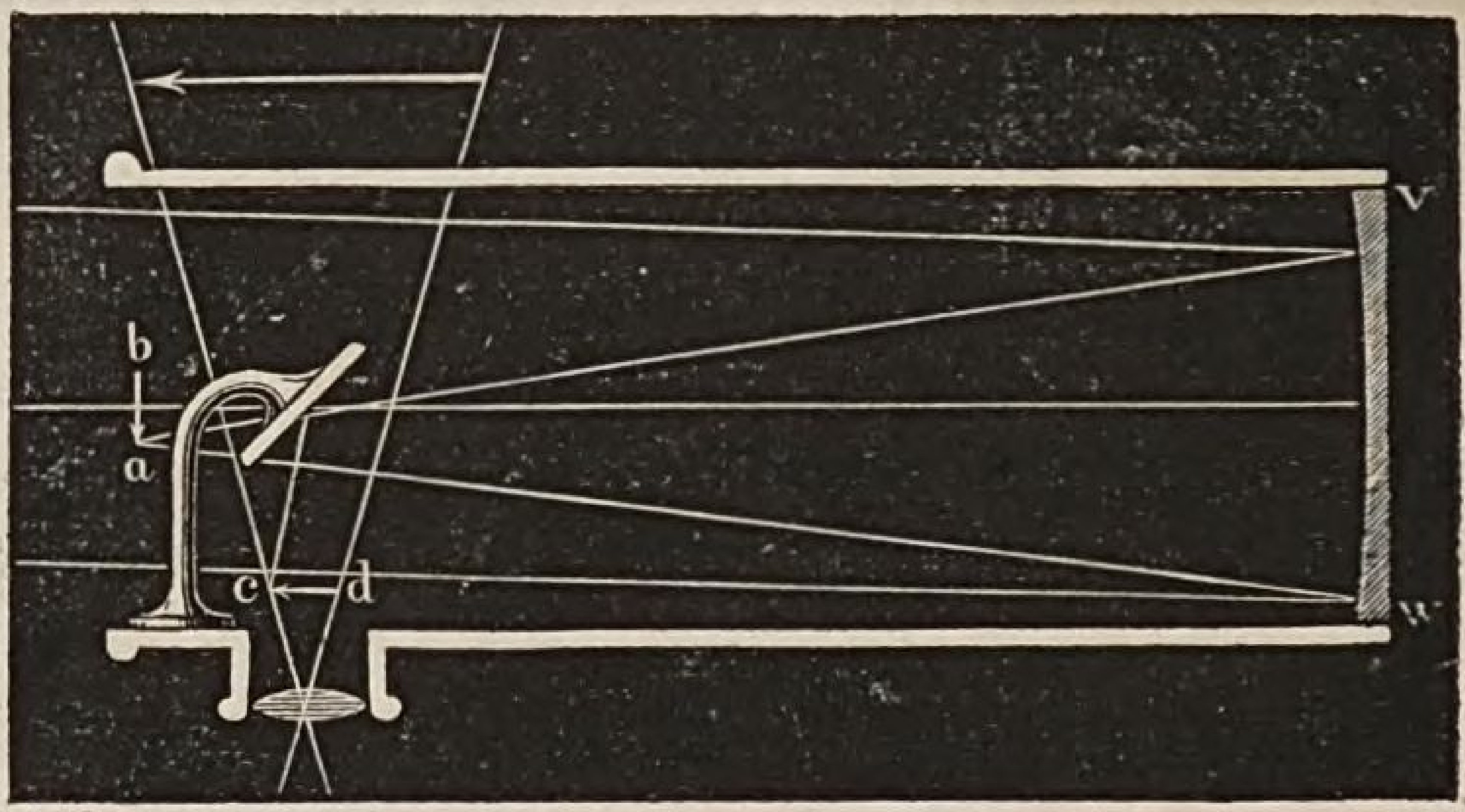
Endlich haben wir noch des Spiegelteleskops, Fig. 200 (a. f. S.), zu gedenken. Ein großer metallener Hohlspiegel *V W*, in ein entsprechendes Rohr eingefügt, fängt die von dem entfernten Gegenstande kommenden Lichtstrahlen auf und würde das Bild *ab* herstellen; wie man sieht, wirft jedoch ein kleiner im Rohre

aufgestellter Spiegel die Strahlen seitwärts, so daß das physische Bild *cd* entsteht, welches nun durch das vergrößernde Ocular betrachtet wird.

Solchen Fernröhren verdanken wir unsere Kenntnisse von der wunderbar gestalteten Oberfläche des Mondes, von den Trabanten des Jupiters, dem Ringe des Saturn und vieles andere der Astronomie Angehörige. Aber auch auf der Erde ist für den Ingenieur, Feldmesser, Seefahrer, Feldherrn u. s. w. das Fernrohr unentbehrlich.

Eine besondere Wichtigkeit erlangte in neuerer Zeit für die Photographie die Camera obscura, ein dunkles Behälter, in welchem das von einer Sammellinse herrührende physische Bild eines Gegenstandes auf einer geeigneten Fläche aufgefangen und nachgezeichnet oder photographisch fixirt werden kann. Wenn der Gegenstand durch eine Sammellinse sehr stark beleuchtet ist, so kann er außerordentlich vergrößert an einer weißen Wand sichtbar gemacht werden, wie dies bei der Zauberlaterne, ganz besonders aber beim Sonnenmikroskop der Fall ist.

Fig. 200.



Die Kunst, Linsen aus Glas zu schleifen, wurde zuerst in Holland geübt. Man bediente sich derselben jedoch anfangs nur zu Brillen, bis gegen Ende des 17. Jahrhunderts Leuvenhoek das Mikroskop erfand. Die Erfindung des Fernrohres wird Galilei zugeschrieben. Beide Instrumente sind seitdem jedoch wesentlich vervollkommnet worden, das letztere namentlich durch Keppler, Herschel, Newton, Fraunhofer u. a. m.

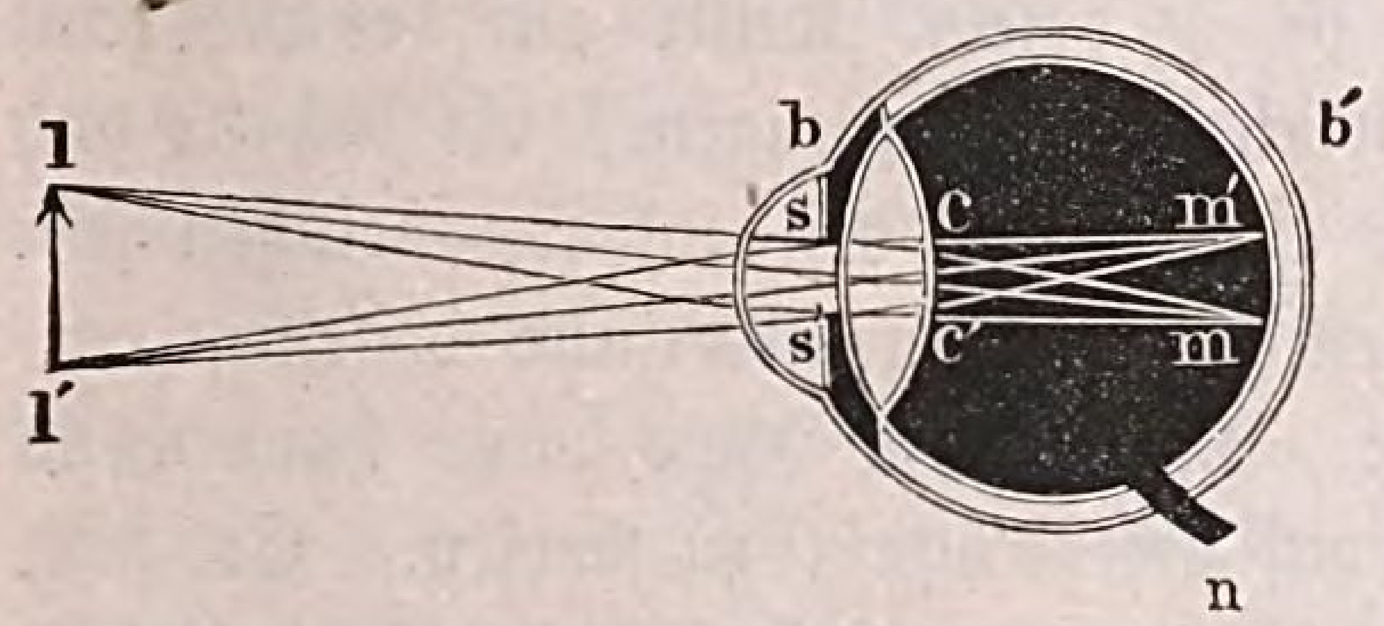
194 **Vom Sehen.** Bei keinem unserer Sinnesorgane ist die Bedeutung jedes einzelnen Theiles so genau erkannt, als bei dem Auge. Dasselbe ist in der That nichts anderes, als ein ziemlich einfacher optischer Apparat, den man am leichtesten kennen lernt, wenn man ein Ochsenauge aufmerksam betrachtet. Namentlich läßt sich beim Aufschneiden eines solchen die aus gallertartiger Substanz bestehende sogenannte Krystalllinse herausnehmen, und zeigen, daß sie sich vollkommen verhält wie eine aus Glas geschliffene Sammellinse.

Dem Physiker erscheint der Augapfel, von welchem Fig. 201 ein schematisches Bild vorstellt, als eine von Häuten umschlossene, kleine runde und inwendig schwarz ausgekleidete Kammer (Camera obscura), die mit einer vollkommen durchsichtigen, gallertartigen Substanz angefüllt ist, welche Glaskörper heißt.

Der vordere Theil der das Auge umschließenden Haut, die sogenannte

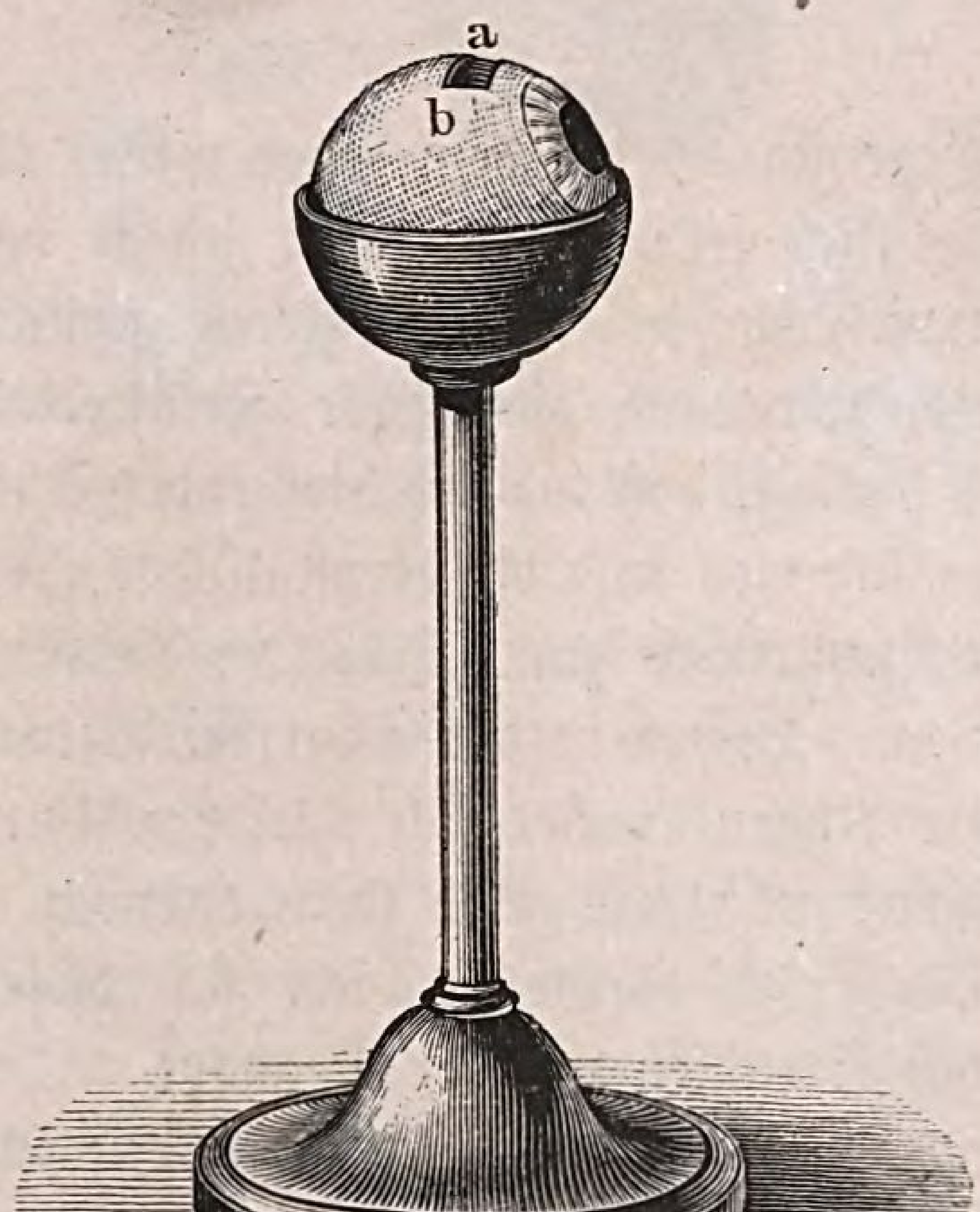
Hornhaut, ist durchsichtig, etwas gewölbt und bildet die mit wasserheller Flüssigkeit angefüllte vordere Augenkammer *b*. Hinter der Hornhaut liegt die farbige Regenbogenhaut oder Iris, welche in der Mitte eine kreisförmige Oeffnung hat, *ss*, die Pupille heißt und durch welche Lichtstrahlen von den außen befindlichen Gegenständen, z. B. von *ll'*, ins Auge gelangen. Diese Lichtstrahlen erleiden durch die Krystalllinse *cc'* eine Brechung, so daß auf der hinteren von der Netzhaut gebildeten Wand *m'm* des Auges ein Bild des Gegenstandes entsteht und durch den Augennerv *n* zum Bewußtsein gebracht wird.

Fig. 201.



Die von dem Gegenstande *ll'* ausgehenden Lichtstrahlen werden schon in der gewölbten vordern Augenkammer *b* etwas gebrochen und sodann nochmals in der Linse *cc'*, wodurch zwischen *m'm* ein verkleinertes Bild des vor dem Auge befindlichen Gegenstandes entsteht. Daß dieses wirklich der Fall ist, läßt sich an einem Ochsenauge zeigen, wenn man, wie Fig. 202 zeigt, eine kleine Oeffnung *b* in die Haut desselben schneidet. Hält man nachher vor die Pupille dieses Auges ein brennendes Licht, so sieht man von *a* her deutlich ein kleines Bildchen desselben auf der hinteren Wand des Auges.

Fig. 202.



Thatsächlich ist es hiernach, daß wir von allen dem Auge dargebotenen Gegenständen auf der Netzhaut umgekehrte Bilder erhalten, so daß wir z. B. in Fig. 201 den Punkt *l* bei *m* und den Punkt *l'* bei *m'* sehen und bei dem Versuche mit dem Ochsenauge auf dessen Netzhaut das kleine Bild des Lichtes umgekehrt erblicken. Allein da wir von Jugend auf mit dem Sinne des Gesichtes und Gefühles zugleich beobachten, so wird die Wahrnehmung des Auges durch das Gefühl sogleich berichtigt. Daß wir in der That erst durch Betasten und Bewegung unseres Körpers von einem Orte zum andern die richtige Vorstellung von der Lage der Gegenstände und ihrer Entfernung erhalten, beweisen Kinder und Blindgeborene, die erst später das Sehvermögen erhalten, aufs Klarste.

Jedermann, der in einem Buche liest, hält dieses in einer gewissen Ent- 195
fernung vom Auge, in welcher ihm die Buchstaben am deutlichsten erscheinen. Man nennt diese Entfernung die Sehweite, und sie beträgt beim gesunden Auge

gewöhnlich 8 bis 10 Zoll. In dieser Lage fällt von jedem einzelnen Buchstaben ein scharfes Bild genau auf die Netzhaut, da, wie dies bei Fig. 201 der Fall ist, die von einem jedem Punkte des Gegenstandes ll' ausgehenden Lichtstrahlen in dem Auge so gebrochen werden, daß sie in einem Punkte auf der Netzhaut sich wieder vereinigen und dort ein deutliches Bild erzeugen. Es behalte das Auge genau die in Fig. 201 dargestellte Einrichtung bei, und wir bringen jetzt den Gegenstand dem Auge näher, so gehen die von einem Punkte desselben entsendeten Lichtstrahlen so stark auseinander, daß sie im Auge nicht hinreichend gebrochen werden, um das Bild genau auf die Netzhaut zu werfen. Es fällt vielmehr hinter dieselbe, und auf der Netzhaut entsteht ein undeutliches Bild (Fig. 203). Entferne ich ll' weiter vom Auge, als die Sehweite beträgt, so gehen die von ihm kommenden Lichtstrahlen so stark zusammen, daß ihre Vereinigung schon vor der Netzhaut stattfindet (Fig. 204), und mithin auf dieser ebenfalls kein deutliches Bild entsteht.

Fig. 203.

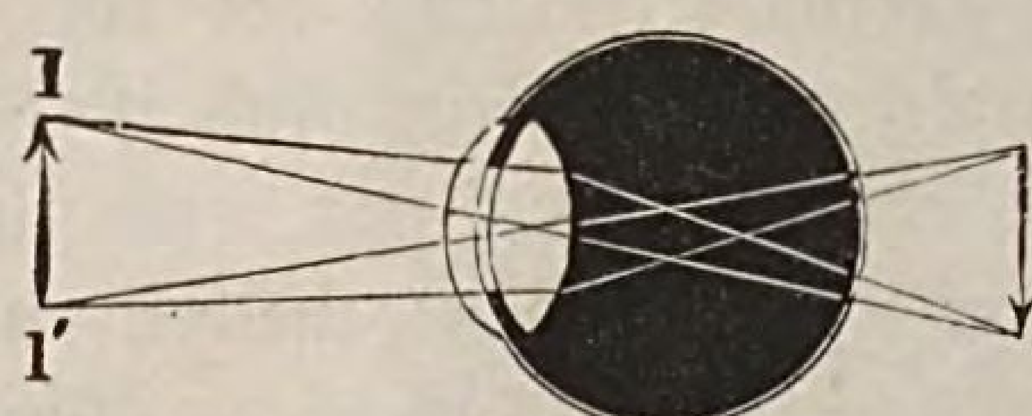
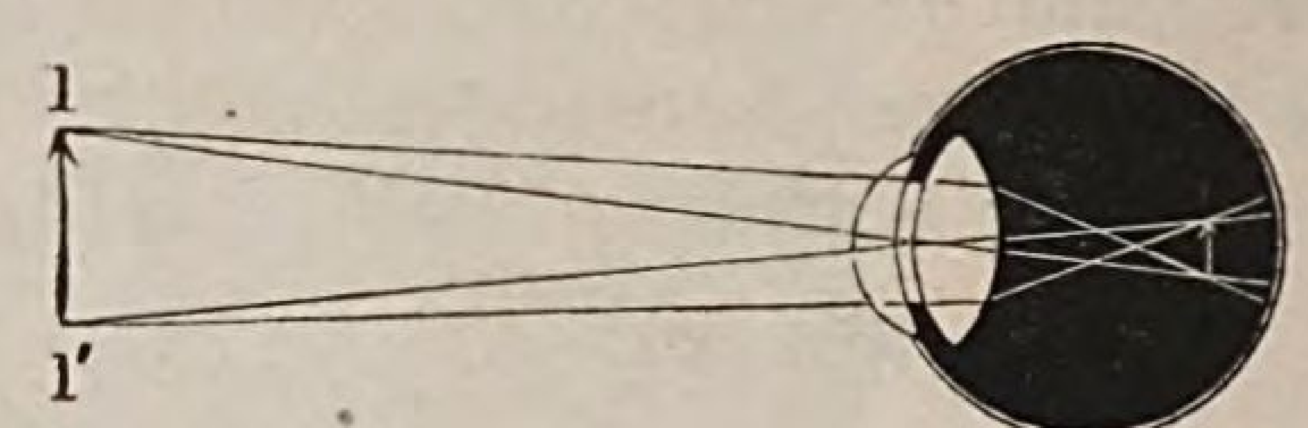


Fig. 204.



Demnach müßten wir also jeden Gegenstand, der dem Auge weiter oder näher ist, als die Sehweite beträgt, undeutlich sehen. Dies ist jedoch beim gesunden Auge nicht der Fall. Es sieht vielmehr jeden in die Ferne gerückten Gegenstand mit vollkommener Deutlichkeit, und auch die näher gerückten bis zu einer gewissen Grenze. Es beruht dies darauf, daß die lichtbrechenden Theile des innern Auges, also die vordere Augenkammer und die Krystalllinse, nicht unveränderlich sind, sondern je nach dem Bedürfnisse zum Sehen in die Ferne und in die Nähe eingerichtet werden können. Wenn in der That bei Betrachtung eines nahen Gegenstandes die vordere Augenkammer sich stärker wölbt, so erlangt sie ein größeres Brechungsvermögen, und das Bild kann dadurch auf die Netzhaut gebracht werden. Beim Sehen in die Ferne verflacht sich dieselbe und vermindert dadurch die Vereinigung der Strahlen vor der Netzhaut.

Man nennt dieses Vermögen des Auges, sich für das Fern- und Nahesehen einzurichten, die Anpassungsfähigkeit oder Accommodation.

Nicht jedes Auge besitzt aber das Vermögen, sich der Entfernung der Gegenstände anzupassen. Ein Auge, das häufig und anhaltend ganz nahe Gegenstände ansieht, erlangt, namentlich in der Jugend, sehr bald eine bleibende stärkere Wölbung der vordern Augenkammer, und verliert dadurch die Fähigkeit, sich für entfernte Gegenstände einzurichten. Es erhält von diesen nur undeutliche Bilder, und wird darum kurzsichtig genannt. Fernsichtig ist das Auge, wenn es unfähig ist, sich für das deutliche Sehen solcher Gegenstände anzupassen, die ihm näher gerückt werden, als die gewöhnliche Sehweite von 8 bis 10 Zoll beträgt.

Der Fehler des Kurzsichtigen beruht also darauf, daß sein Auge die Lichtstrahlen zu stark bricht, während dies beim Fernsichtigen nicht hinreichend stark der Fall ist. Beiden Mängeln kann künstlich abgeholfen werden, indem wir ja in den gläsernen Linsen Mittel besitzen, die von irgend einem Gegenstande kommenden Lichtstrahlen entweder durch eine Sammellinse mehr zu vereinigen, oder durch eine Zerstreuungslinse etwas stärker auseinandergehend zu machen.

Die **Brillen** sind folglich nichts anderes als solche Hülfsmittel zur Her- 196
stellung einer richtigen Lichtbrechung, so daß ein scharfes Bild auf die Netzhaut gelangt, und wir müssen zu diesem Zwecke dem Fernsichtigen eine Brille mit erhabenen oder Sammellinsen, und dem Kurzsichtigen vertiefte oder Zerstreuungsgläser geben.

Es sollen nun Fig. 203 ein fernsichtiges und Fig. 204 ein kurzsichtiges Auge vorstellen, die beide von dem Gegenstande ll' kein scharfes Bild empfangen, da dessen Bild bei dem ersten hinter die Netzhaut fällt, und bei letzterm vor dieselbe. Bewaffnen wir jedoch dieselben Augen mit den geeigneten Brillengläsern *m* und *n* (Fig. 205 und 206), so bewirkt die erhabene Linse eine

Fig. 205.

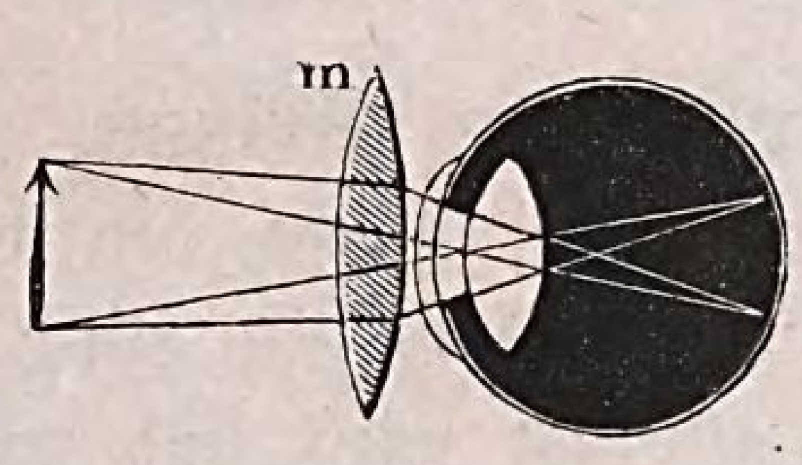
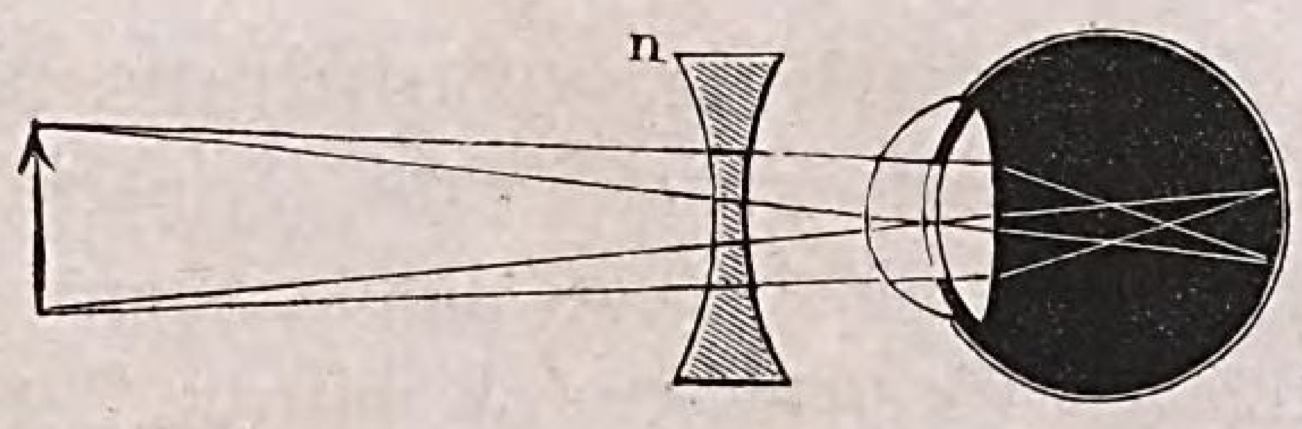


Fig. 206.



stärkere, die vertiefte eine schwächere Brechung der Lichtstrahlen, so daß die von jedem Punkte des Gegenstandes ausgehenden Strahlen genau auf der Netzhaut sich wieder vereinigen und daselbst ein scharfes Bild des Gegenstandes bewerkstelligen.

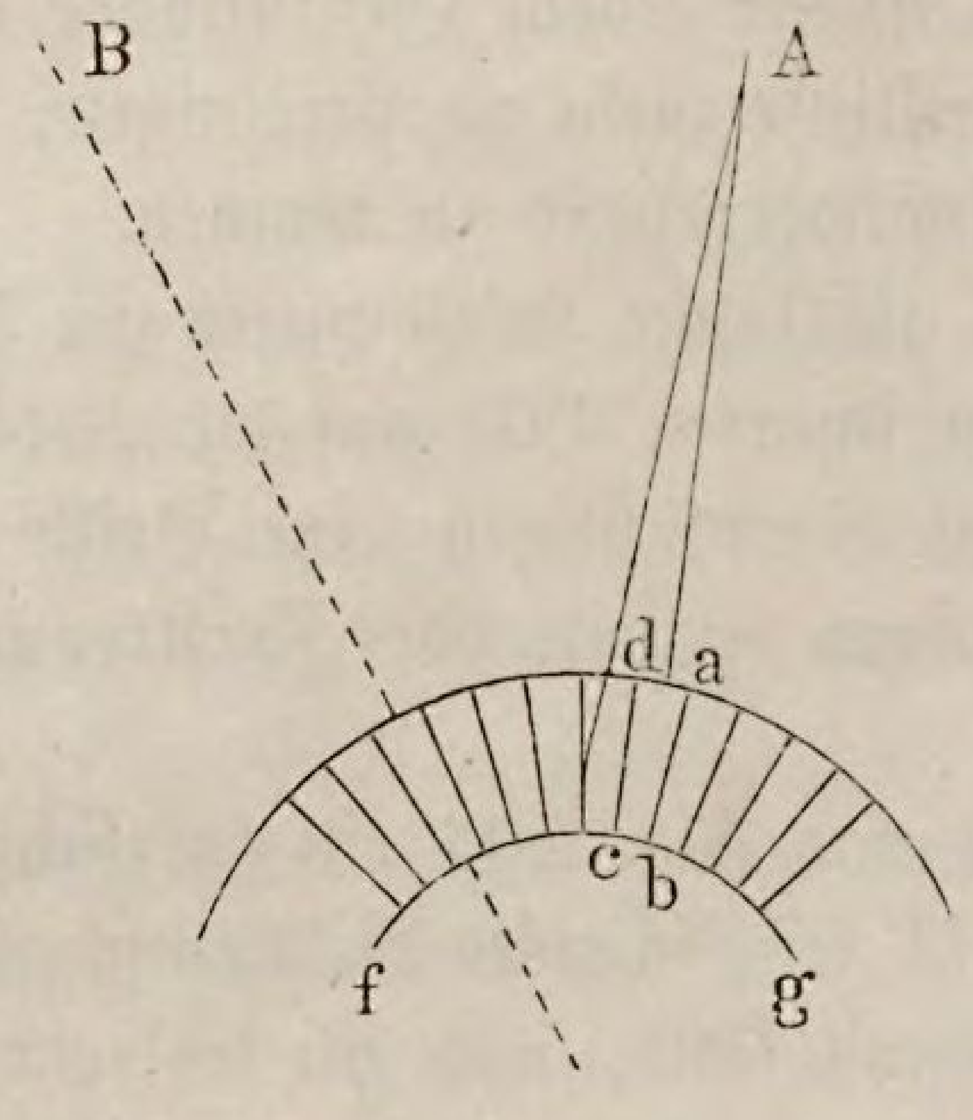
Es versteht sich von selbst, daß für die verschiedenen Grade der Kurz- und Fernsichtigkeit auch die Brillen von verschiedener entsprechender Beschaffenheit sein müssen.

Die **Erblindung** kann durch Lähmung des Sehnervs entstehen, und man bezeichnet dieses unheilbare Uebel als den sogenannten **schwarzen Staar**. Oefter findet man jedoch den **grauen Staar**, oder vielmehr das Trüb- und Undurchsichtigwerden der Linse des Auges, als Ursache von dessen Erblindung. Eine Heilung ist in diesem Falle dadurch möglich, daß eine geübte und sichere Hand mit einem spitzen und scharfen Instrumente die Häute des Auges an einem Punkte durchsticht und die trübe Linse entweder durch die Pupille herauszieht, oder dieselbe in die Tiefe drückt, so daß jetzt Licht durch die Pupille in die Augenkammer gelangen kann. Damit aber die zerstreut einfallenden Lichtstrahlen gebrochen und vereinigt auf die Netzhaut geworfen werden, erhält das operirte Auge eine Brille mit sehr stark brechenden Sammellinsen.

Die Augen der vollkommneren Thiere, nämlich der Säugethiere, Vögel, Lurche und Fische, stimmen im Wesentlichen ihres Baues mit dem oben beschriebenen des menschlichen überein. Die unvollkommneren Thiere entbehren

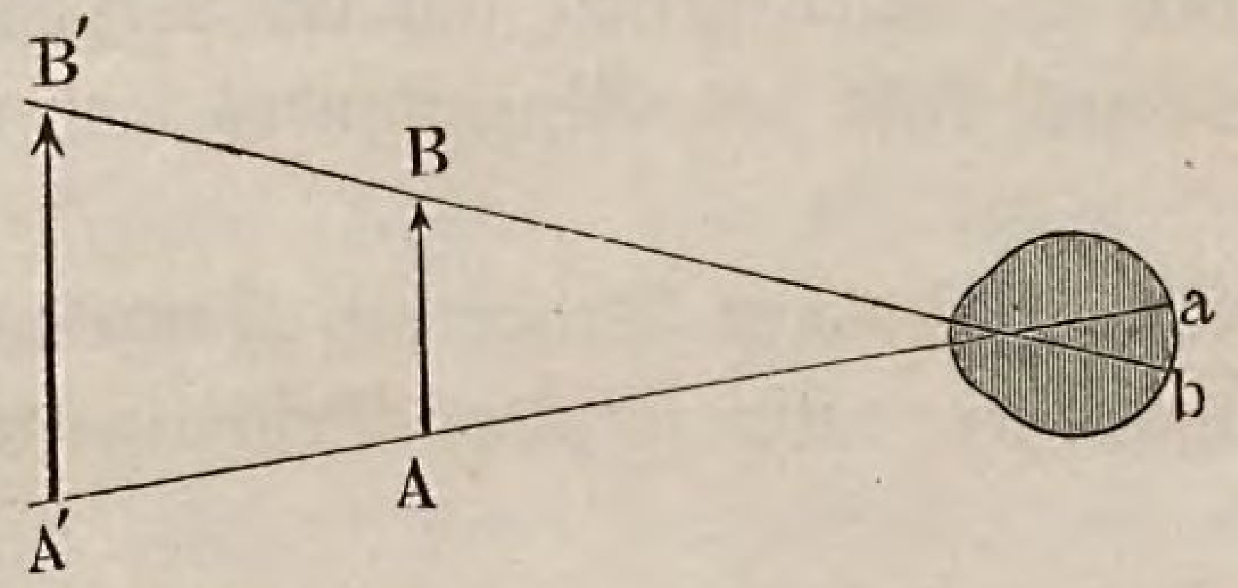
entweder der Augen gänzlich, oder ihre Augen haben eine besondere Einrichtung (Fig. 207). Auf der halbkugelförmigen Netzhaut, *fg*, stehen eine große Anzahl kleiner hohler Kegel, wie *abcd*, durch welche von den verschiedenen Punkten eines Gegenstandes Lichtstrahlen auf die Netzhaut fallen. Diese Thiere können nur nahe Gegenstände sehen, welche ihnen ungefähr so erscheinen wie uns, wenn wir durch ein Drahtgitter sehen. Jeder kleine Kegel ist oben mit einer durchsichtigen Haut überzogen, wodurch ein solches Auge eine von vielen kleinen Flächen begrenzte Halbkugel darstellt, deren Anzahl 12- bis 20 000 beträgt. Die Insekten, wie z. B. unsere Stubenfliegen, haben dergleichen Augen, welche Flächen- oder Facetten-Augen genannt werden. Manche haben jedoch neben diesen noch Linsen-Augen, was z. B. bei den Bienen der Fall ist.

Fig. 207.



197 **Sehwinkel; scheinbare und wirkliche Grösse.** Wie im Vorhergehenden gezeigt wurde, dringen von jedem Gegenstande, den wir sehen, Lichtstrahlen in's Auge und erzeugen auf dessen Netzhaut ein Bild, welches durch den Gesichtsnerv zu unserm Bewußtsein gebracht wird und von dessen Größe die scheinbare Größe des Gegenstandes abhängig ist. Denken wir uns nun von den beiden Endpunkten *ab*, Fig. 208, eines Netzhautbildchens Linien nach den entsprechenden Punkten des Gegenstandes gezogen, so schneiden sich diese Linien und bilden den sogenannten Sehwinkel, dessen Größe abhängig ist von der Größe des Netzhautbildchens. Man kann daher auch sagen, daß die scheinbare Größe eines Gegenstandes ausgedrückt wird durch die Größe des Sehwinkels, unter welchem er erscheint. Je größer der Sehwinkel, desto größer kommt uns der Gegenstand vor, das ist eine allgemeine Regel.

Fig. 208.



Die Größe des Sehwinkels hängt aber offenbar von zweierlei ab, nämlich erstlich von der wirklichen Größe eines Gegenstandes, und zweitens von der Entfernung desselben vom Auge. In Beziehung auf die letztere gilt als Gesetz, daß innerhalb einer gewissen Gränze die Größe des Sehwinkels, unter dem ein Gegenstand erscheint, in demselben Verhältnisse abnimmt, als die Entfernung zunimmt. Deswegen wird derselbe Gegenstand in der doppelten Entfernung nur die Hälfte, in der dreifachen nur ein Drittheil der Größe zu haben scheinen, wie in der einfachen Entfernung.

Aus demselben Grunde scheinen an zwei parallelen Baumreihen die ent-

ferneren Bäume sich immer mehr einander zu nähern, weil ihr gegenseitiger Abstand dem Auge unter einem kleinern Winkel erscheint. Täuschungen mancherlei Art beruhen lediglich auf diesem Umstande, und nur die Uebung und Gewohnheit hat uns allmälig gelehrt, aus der scheinbaren Größe eines uns bekannten Gegenstandes auf seine Entfernung zu schließen. In der Dämmerung, welche die Umrisse der Gegenstände verwischt, kommt es leicht vor, daß wir einen entfernten Kirchthurm oder Baum für einen uns nahen Menschen halten, oder umgekehrt, weil der Sehwinkel des hohen aber entfernten Gegenstandes derselbe sein kann wie der des weniger hohen aber näheren.

Aus dem Vorstehenden lassen sich zwei Folgerungen ziehen, deren Anwendung besonders in der Astronomie eine große Rolle spielt, nämlich: erstens, wenn die scheinbare Größe und die Entfernung eines Gegenstandes bekannt sind, so läßt sich daraus seine wirkliche Größe berechnen, und zweitens, wenn die wirkliche Größe und die scheinbare eines Körpers bestimmt sind, so läßt sich hieraus die Entfernung desselben ableiten.

Wenn wir mit einem Auge die bisher besprochenen Erscheinungen des 198
Sehens wahrnehmen, so sollte es sich von selbst verstehen, daß wir mit zwei Augen dieselben doppelt erblicken. In der That entsteht in jedem Auge ein Bild des betrachteten Gegenstandes, und wenn wir denselben dennoch nicht doppelt sehen, so findet dieses nur unter der Bedingung statt, daß wir denselben fixiren, d. h. bestimmt ins Auge fassen. Alsdann richten sich die Achsen beider Augen auf diesen Gegenstand; die auf deren Netzhäuten entstehenden Bilder fallen auf die sogenannten identischen Stellen derselben und vereinigen sich zu einem einzigen Bilde. Sobald wir aber nach einem Gegenstande sehen, ohne ihn genauer zu fixiren, so erblicken wir denselben allerdings doppelt.

Es ist ferner zu bemerken, daß wegen des gegenseitigen Abstandes das linke Auge von einem betrachteten Gegenstande eine Ansicht empfängt, die seinem Standpunkte entspricht und daher etwas verschieden ist von dem Bilde im rechten Auge. Wir betrachten auf diese Weise jeden Körper gleichzeitig von zwei Standpunkten aus, und gerade hierdurch erhalten wir das körperliche Bild desselben, welches aus der Ebene hervortretend den plastischen Eindruck hervorbringt. Eine Zeichnung, die stets nur von einem Standpunkte aufgenommen ist, kann auf uns daher niemals die Wirkung des Körperlichen machen; es ist stets unsere mitwirkende Phantasie, wenn wir von architektonischen und landschaftlichen Bildern einen ähnlichen Eindruck empfangen. Wenn wir jedoch von einem Gegenstande zwei Zeichnungen anfertigen, die den Standpunkten jedes einzelnen Auges entsprechen, wenn wir ferner durch eine geeignete optische Vorrichtung, das sogenannte Stereoskop, diese Bilder gleichzeitig auf die identischen Stellen der Netzhaut zu bringen vermögen, so vereinigen sich dieselben zu einem körperlichen oder stereoskopischen Bilde, welches uns vollständig die Wirkung eines erhabenen Gegenstandes gewährt.

Die Netzhaut hält jeden empfangenen Lichteindruck mit einer gewissen 199
Stärke eine Zeit lang fest; es bedarf anderer Eindrücke, um denselben zu verwischen. Es beruht hierauf die bekannte Erscheinung, daß wir mit einem glim-

menden Spahn feurige Kreise zu beschreiben vermögen, sowie die Wirkung der Raketen und anderer Herrlichkeiten der Feuerwerkerei. Auch erklären sich hieraus die artigen Erscheinungen, welche die sogenannte Wunderscheibe (Phenakistoskop, Thaumatrop) gewährt, von welcher überdies eine sinnreiche Anwendung zur Erläuterung der Wellenbewegung gemacht worden ist. (S. §. 123.)

Noch auffallender sind aber die Nachbilder, welche entstehen, wenn man z. B. das dunkle Fensterkreuz gegen den hellen Himmel eine Zeit lang fixirt und dann entweder die Augen verschließt oder dieselben gegen die weiße Decke des Zimmers richtet. Im ersten Falle kommt ein dem betrachteten Gegenstande entsprechendes Nachbild zum Vorschein; im zweiten Falle erblickt man dagegen an der Decke ein helles Kreuz inmitten dunkler Fensterquadrate, also eine Umkehrung der Lichteindrücke. Hieran reihen sich die interessanten Erscheinungen der Contrastfarben. Man lege ein kleines Quadrat von lebhaft rothem Papier auf eine weiße Unterlage, fixire dasselbe einige Zeit und richte nachher das Auge auf eine weiße Fläche, so tritt auf dieser ein gleich großes Quadrat, aber von grüner Farbe hervor. Umgekehrt ruft die grüne Farbe rothe Nachbilder hervor, der violetten Farbe folgen gelbe, der blauen orangefarbige Nachbilder. Es erklären sich hieraus mancherlei Wirkungen, die sich beim Zusammenstellen verschiedener Farben äußern, und insbesondere die praktische Regel, daß Contrastfarben, neben einander gestellt, sich gegenseitig heben und eine angenehme Wirkung hervorbringen. Man nennt die also gegenseitig sich hervorrufenden Farben auch Complementär- oder Ergänzungsfarben, da je zwei derselben, wenn sie auf einander fallen, sich aufheben und weiß bilden. Solche complementäre Paare sind: Roth und Blaugrün; Orange und Kornblumenblau; Gelb und Indigblau; Grünlichgelb und Violett.

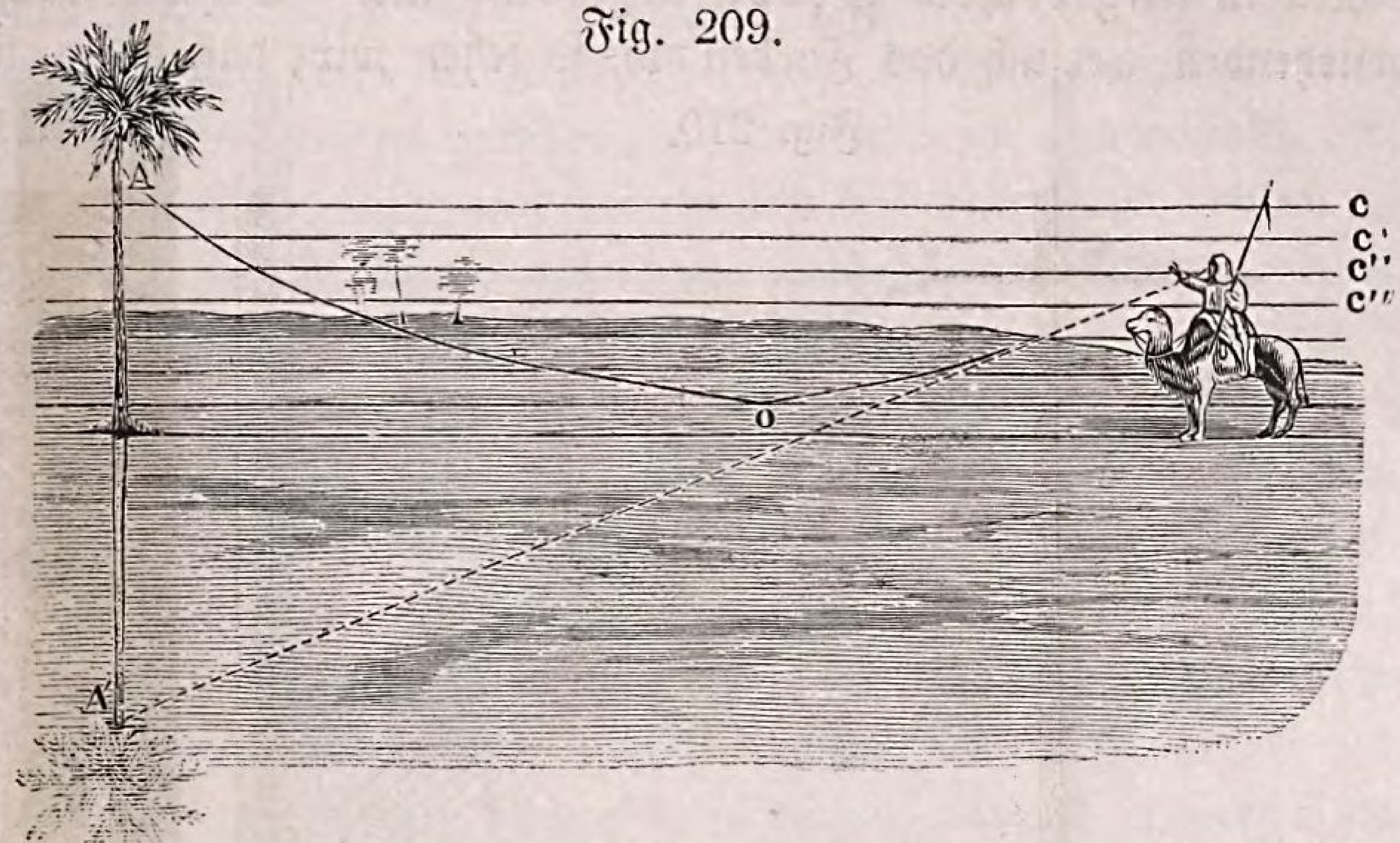
Da die eben besprochenen Erscheinungen von dem Beobachter nur für sich selbst wahrgenommen werden können, so hat man sie mit dem Namen der subjectiven Lichterscheinungen bezeichnet.

200 **Luftbilder; Fata morgana; Mirage.** Unter gewissen Umständen sind in der Natur Bedingungen erfüllt, welche eine merkwürdige Spiegelung der Gegenstände zur Folge haben, die, wie die vorstehenden Namen andeuten, von den Reisenden als Erscheinungen von feenhafter oder wunderbarer Wirkung beschrieben werden.

Zu dieser Erscheinung sind große Ebenen erforderlich, über welchen eine außerordentlich ruhige Luftschicht sich befindet, so daß die nach Sonnenaufgang erwärmten und daher verdünnten unteren Luftschichten nur sehr allmälig mit den oberen dichteren sich mischen. Von erhabenen Gegenständen, die in solchen Ebenen sich befinden, gelangen nun, wie bei Fig. 209 angedeutet ist, zwei Bilder in das Auge des Beobachters, einmal, indem Lichtstrahlen direct von A dahin gelangen, und dann, indem ein anderer von dort ausgehender Strahl in den weniger dichten Luftschichten c, c', c'', c''' u. s. w. eine solche Brechung und endlich bei o eine Zurückwerfung erleidet, daß er dem Beobachter aus der Richtung A' zu kommen scheint, weshalb er in dieser das zweite, aber umgekehrte Bild

des Gegenstandes sieht. Zwischen beiden Bildern befindet sich eine Luftschicht, so daß nun das Ganze den Eindruck hervorbringt, als ob man eine Reihe von Gegen-

Fig. 209.



ständen, wie Bäume, Hügel, Thürme rc., sähe, die sich in einem See oder Meer spiegeln. Besonders häufig sind der Natur der Gegend nach solche Luftbilder in den Wüsten Aegyptens, und erregen den Reisenden oft die schmerzlichsten Täuschungen, indem sie inmitten glühenden Sandes ein erquickendes Gewässer vor sich zu sehen glauben, das dann trügerisch verschwindet.

Es giebt noch einige Aenderungen in diesen Spiegelungen, die auch über Meeren und anderen Orten, wiewohl seltener, wahrgenommen werden. Höfe um Sonne und Mond sowie Nebensonnen und Nebenmonde werden zuweilen wahrgenommen, wenn diese Himmelskörper durch sehr dünne Wolkenschleier betrachtet werden, die den Himmel überziehen. Auch hier hält man theils Brechung, theils die Zurückwerfung des Lichtes für die Ursachen der Erscheinung.

Die Farben. Läßt man mittels eines kleinen Spiegels durch die Oeffnung *b*, Fig. 210 u. 211 (a. f. S.), eines Fensterladens einen Lichtstrahl in ein ganz dunkles Zimmer fallen, so bildet derselbe auf der gegenüberstehenden Wand einen weißen, runden Fleck *d*. Bringt man jedoch hinter die Oeffnung ein Prisma, wovon *s* den Durchschnitt zeigt, so wird der Lichtstrahl nicht nur bedeutend von seinem Wege abgelenkt, sondern wir erhalten zwischen *r* und *v* ein längliches Lichtbild, welches wunderbarer Weise aus herrlichen Farben besteht, indem unten bei *v* ein violetter Streif sich zeigt, auf welchen indigoblau, blau, grün, gelb, orange und endlich roth folgen. Es sind dies dieselben Farben in gleicher Reihe, wie die des Regenbogens, weshalb sie auch die prismatischen oder Regenbogenfarben heißen. Nro. 1 unserer Farbentafel zeigt das vollständige prismatische Farbenbild, welches Spectrum genannt wird. Der weiße Lichtstrahl der Sonne wird also von dem Prisma nicht nur gebrochen, sondern er wird dabei auch in sieben leuchtende Strahlen von verschiedener Farbe zerlegt. Wir nennen daher den weißen Strahl zusammengesetztes oder gemischtes Licht, weil er aus sieben einfachen Lichtstrahlen gebildet wird. Die Möglichkeit der Zerlegung des Lichtes beruht darauf, daß diese verschiedenen 201

Lichtstrahlen in ungleichem Grade brechbar sind. Denn betrachten wir bei dem vorstehenden Versuch das Farbenbild, so sehen wir, daß das rothe Licht (*r*,

Fig. 210.

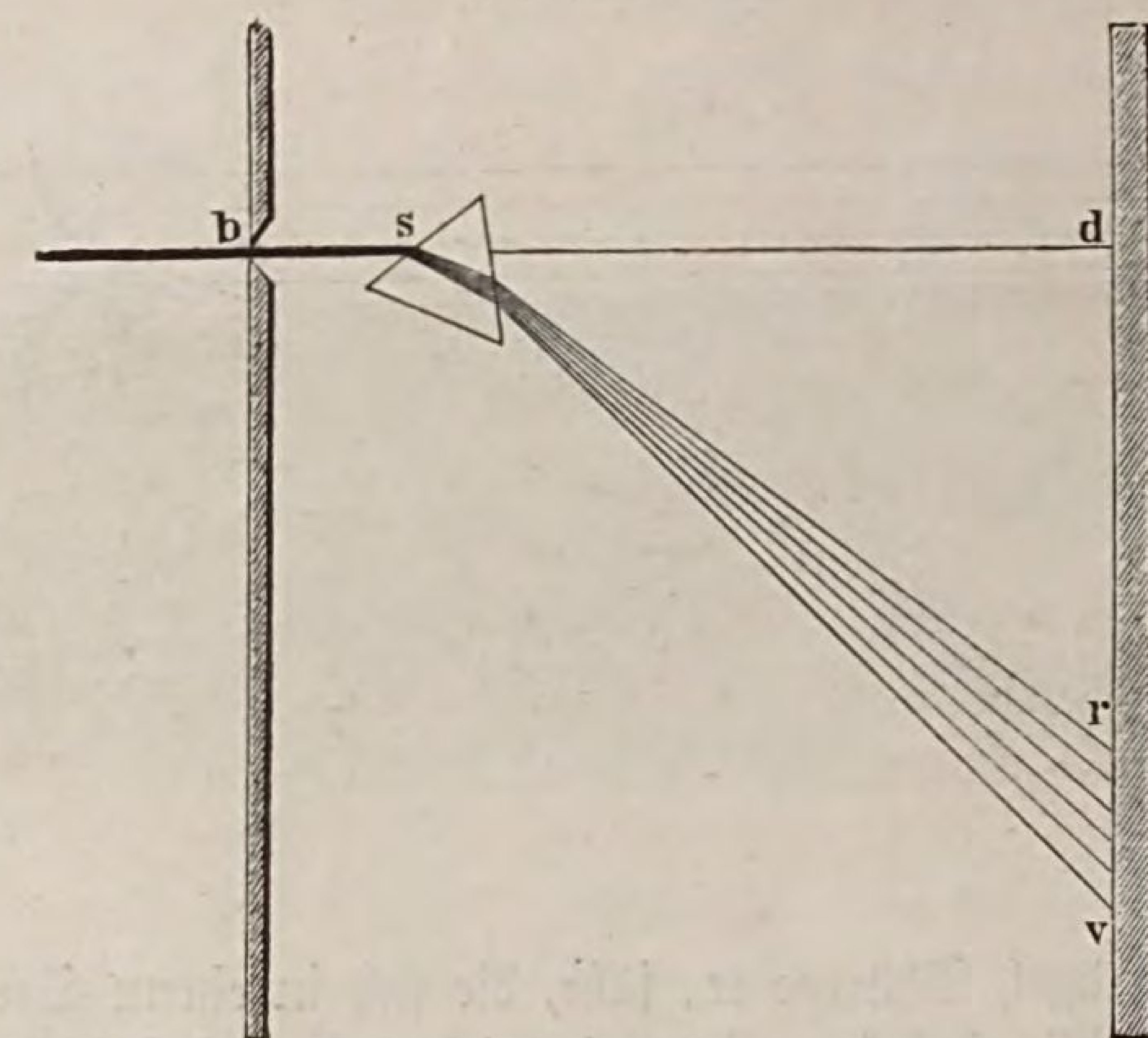


Fig. 211.



Fig. 211) näher bei dem ohne Brechung entstehenden weißen Bilde *d* liegt, als das violette *v*. Jenes ist also am wenigsten, dieses am stärksten brechbar. Die verschiedene Brechbarkeit hat ihren Grund darin, daß die Lichtwellen der einfachen Strahlen ungleiche Länge haben, ähnlich wie die Verschiedenheit der Töne auf der Ungleichheit der Tonwellen beruht, und zwar entspricht das rothe Licht den längsten und das violette den kürzesten Wellen.

Um zu beweisen, daß die genannten sieben Farben des Spectrums in der That einfache Farben sind, fängt man dasselbe auf einem Schirm auf, der an der Stelle, wohin z. B. das Grün fallen würde, eine kleine Oeffnung hat, so daß der grüne Strahl hindurchgeht. Läßt man diesen nun nochmals durch ein zweites Prisma gehen, so wird er zwar gebrochen, aber keineswegs sonst verändert oder in verschiedene Farben zerlegt.

202 Weiße Körper sind daher solche, welche alle Lichtstrahlen in ihrer ursprünglichen Mischung zurückwerfen, während schwarze dieselben aufnehmen. Aber kaum giebt es einen Körper, bei dem das Eine oder Andere je vollkommen stattfindet. Daher entstehen die Mittelstufen von Weiß durch Grau ins Schwarze.

Aber es giebt auch Körper, deren Theilchen eine besondere Anordnung haben, vermöge welcher nur die Schwingungen gewisser Lichtwellen vollkommen aufgehoben werden, während einzelne Lichtwellen ungeändert zurückgeworfen werden. Ein rother Körper z. B. vernichtet alle farbigen Lichtstrahlen des auf ihn fallenden gemischten Lichtes und wirft nur das Roth zurück. Ebenso erklären wir alle übrigen Farben der Körper, wie Blau, Grün und Gelb. Verschiedene Versuche bestätigen das Gesagte. Streut man auf den Docht einer Weingeistlampe etwas Kochsalz, so erhält deren Flamme eine rein gelbe Farbe, und ein rother Körper, z. B. eine Stange Siegellack, von derselben erleuchtet, erscheint schwarz, weil diese Flamme keine rothen Strahlen enthält. Auch bei Personen wird von dieser Flamme alles Roth der Lippen und Wangen in Grau verwandelt, wodurch dieselben eine abschreckende Todtenfarbe erhalten.

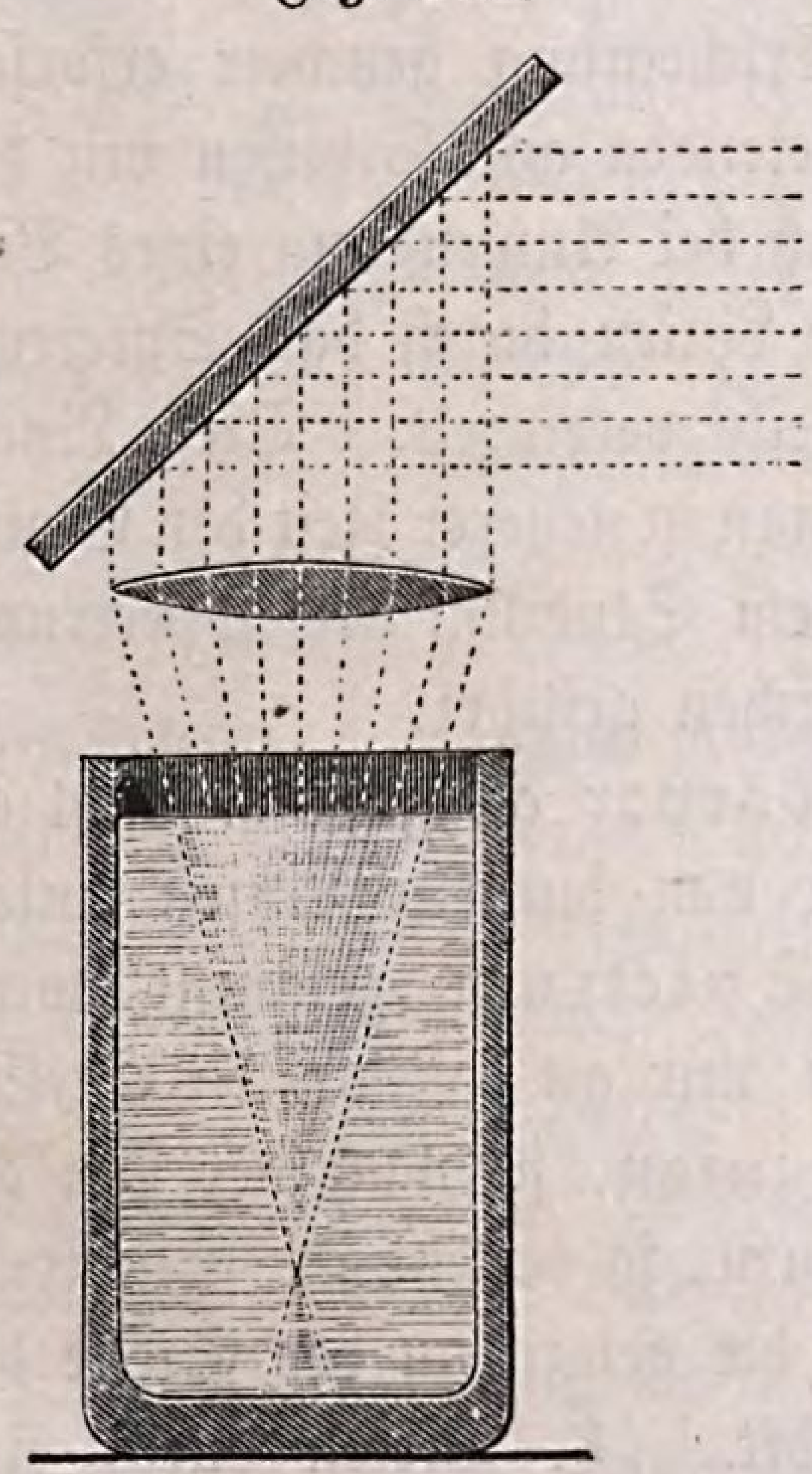
Durchsichtige Körper, die gefärbt sind, lassen stets nur einen Theil der in dem auffallenden Licht enthaltenden Strahlen hindurch, während die anderen absorbirt oder verschluckt werden. Läßt man das zur Erzeugung eines Spectrums dienende Licht beim Austritt aus dem Prisma durch ein rothes oder blaues Glas gehen, so fehlen nachher im Spectrum im ersten Falle die grünen, blauen und violetten Strahlen und im zweiten die gelben und rothen.

Manche Körper erscheinen nur dann gefärbt, wenn man durch größere 203
Massen derselben blickt. Dieses ist z. B. beim Glase und bei dem Eise der Fall, die in dünnen Schichten farblos, in dickeren blau oder grün aussehen. Auch die Luft in einer Schicht von der Höhe der Atmosphäre betrachtet, hat eine schöne, blaue Farbe. Wäre sie nicht vorhanden, so würde der Himmelsraum schwarz aussehen. In der That erscheint auf sehr hohen Bergen der Himmel tief dunkelblau, weil über denselben durch die weniger hohe und dichte Luftschicht das Schwarz des Weltraums dringt. Auch in der Ebene ist gerade über unseren Häuptern die Luft dunkler blau als an dem Horizont, weil wir, nach letzterem blickend, durch eine Luftschicht von größerer Ausdehnung sehen, als die über uns befindliche ist. Entfernte Berge erhalten ihre blaue Farbe durch die beträchtliche Luftschicht, welche zwischen denselben und unserm Auge sich befindet.

Die rothe und gelbe Farbe des Himmels, die wir mit dem Namen Abend- und Morgenroth bezeichnen, wird dem in der Luft befindlichen Wasserdampfe zugeschrieben, der, namentlich wenn er aus der Nebel- in die eigentliche Dampfform übergeht, die Eigenschaft hat, nur dem rothen und gelben Lichte den Durchgang zu gestatten. Ein solcher Uebergang fällt aber in jene Tageszeiten, welche die Namen bezeichnen.

Fluorescenz und Phosphorescenz. Einige Arten von Fluß- 204
spath (Fluorcalcium) zeigen einen eigenthümlichen Farbenschiller, man sagt, sie fluoresciren. Aehnliche Erscheinungen bieten dar das grüne Uranglas, das Petroleum, eine Auflösung von schwefelsaurem Chinin, Wasser, das man über Roßkastanienrinde stehen ließ, und Aether, mit welchem man aus Blättern das Blattgrün (Chlorophyll) ausgezogen hatte.

Fig. 212.



Läßt man, wie Fig. 212 zeigt, durch eine Sammellinse verdichtete Lichtstrahlen in einen der genannten Körper fallen, so zeigt sich im Innern derselben ein farbiger Lichtkegel, roth in der Blattgrünlösung, grün in Uranglas, blau in den Lösungen von Chinin und Kastanienrinde und im Flußspath.

Am auffallendsten ist dabei, daß die fluorescirenden Körper Farben zeigen, welche in dem auf sie fallenden Lichte nicht enthalten

sind, so daß es scheint, als ob sie dessen Farbe zu verwandeln vermöchten. Läßt man z. B. das von der Linse gesammelte Licht vorher durch eine blaue Kupferlösung gehen, die nur blaues Licht durchläßt, so erzeugt das Strahlenbündel dennoch einen grünen Farbenkegel im Uranglas.

Das sogenannte Fluorescenzspectrum erhält man, wenn das gewöhnliche Spectrum auf einen fluorescirenden Körper geworfen wird, z. B. auf Uranglas. In letzterm Falle entsteht ein Spectrum, welchem die Farben von Roth bis Grün fehlen, und welches von der Stelle an, wo Blau und Violett erscheinen sollten, eine grüne Färbung zeigt. Das Merkwürdigste dabei ist jedoch, daß das Fluorescenzspectrum noch weiter über die Gränzen des gewöhnlichen Spectrums hinausgeht, wodurch wir erfahren, daß das Sonnenlicht noch eine Menge ultravioletter Strahlen enthält, die noch brechbarer sind als die violetten und nur durch Vermittelung fluorescirender Substanzen zur Anschauung gebracht werden können.

Phosphorescenz, hergeleitet von der Eigenschaft des Phosphors, im Dunkeln zu leuchten, hat man im Allgemeinen die ähnliche Erscheinung genannt, welche viele Körper unter verschiedenen Umständen zeigen, wie faules Holz, Seewasser, todte Seefische, Leuchtkäfer, aneinander geriebene Kieselsteine, Zucker, indem er zerschlagen wird.

Im engern Sinne begreift man jedoch unter Phosphorescenz ein lebhaftes Leuchten in verschiedenen Farben, welches gewisse chemische Verbindungen von Phosphor, Schwefel, Arsen mit Kalk, Baryt oder Strontian zeigen, nachdem sie kurze Zeit vom Lichte der Sonne oder des brennenden Magnesiums bestrahlt worden sind.

205 **Spectralanalyse.** Wenn man ein möglichst großes und farbenkräftiges Spectrum erzeugt, so lassen sich mit bloßem Auge darin eine Anzahl dunkler Streifen erkennen, die Fraunhofer'schen Linien, also benannt nach diesem ausgezeichneten Optiker, der zuerst diese Erscheinung genauer erforscht hat. Derselbe bezeichnete die am stärksten hervortretenden acht Streifen mit den Buchstaben A, B, C, D, E, F, G, H und fand, daß bei Anwendung eines Vergrößerungsglases noch eine große Anzahl dunkler Linien durch das Spectrum unregelmäßig vertheilt sind, theils in Gruppen, theils vereinzelt. Diese Linien sind von der höchsten Bedeutung geworden, seitdem man in neuerer Zeit den Grund ihres Vorhandenseins kennen gelernt hat. Die dem Studium des Spectrums gewidmeten Forschungen haben zu folgenden Thatsachen geführt:

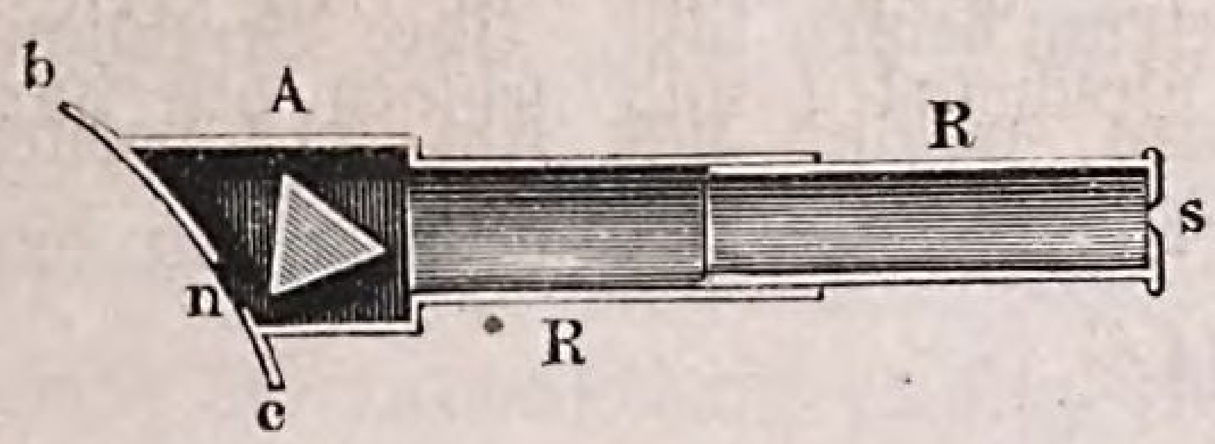
1. Das von einem leuchtenden, festen Körper ausgehende Licht erzeugt durch das Prisma ein Farbenbild, das nicht von dunkeln Linien unterbrochen ist und daher ein continuirliches Spectrum genannt wird. 2. Leuchtende Gase, also Flammen, erzeugen nur an bestimmten Stellen des Spectrums eigenthümliche farbige, helle Linien, je nach der Art der Flamme; enthält dieselbe z. B. Dampf von Natrium, so besteht ihr Spectrum nur aus einer einzigen, glänzend gelben Linie, die genau an der Stelle der dunkeln Linie D. (Farbentafel Nro. 3) sich befindet. 3. Treten durch eine

Gasflamme gleichzeitig Lichtstrahlen, die von einem hinter ihr befindlichen weißglühenden festen Körper herkommen, so erhält man ein Spectrum mit dunklen Linien, genau an der Stelle jener hellen Linien, welche die Gasflamme für sich allein geben würde.

Bemerkenswerth ist, daß ein jedes chemisches Element ein ihm eigenthümliches Farbenspectrum hervorruft, das sich durch die Anzahl, Färbung und Stellung seiner leuchtenden Linien auszeichnet. Während Natrium nur die einzige gelbe Linie im Orange des vollkommenen Spectrums giebt, erzeugt Kalium je eine vereinzelte Linie im Roth und im Violett (Nr. 2); Nro. 4, 5 und 6 führen uns die charakteristischen Linien des Strontiums, Calciums und Bariums vor, letztere mit einem großen Reichthum von grünen Linien.

Das einfachste Spectroskop, d. i. Vorrichtung zur Beobachtung der hierher gehörigen Erscheinungen, besteht aus dem Rohre RR, Fig. 213, welches von einem Gestell getragen wird. Bei s läßt ein feiner Spalt Licht eintreten;

Fig. 213.



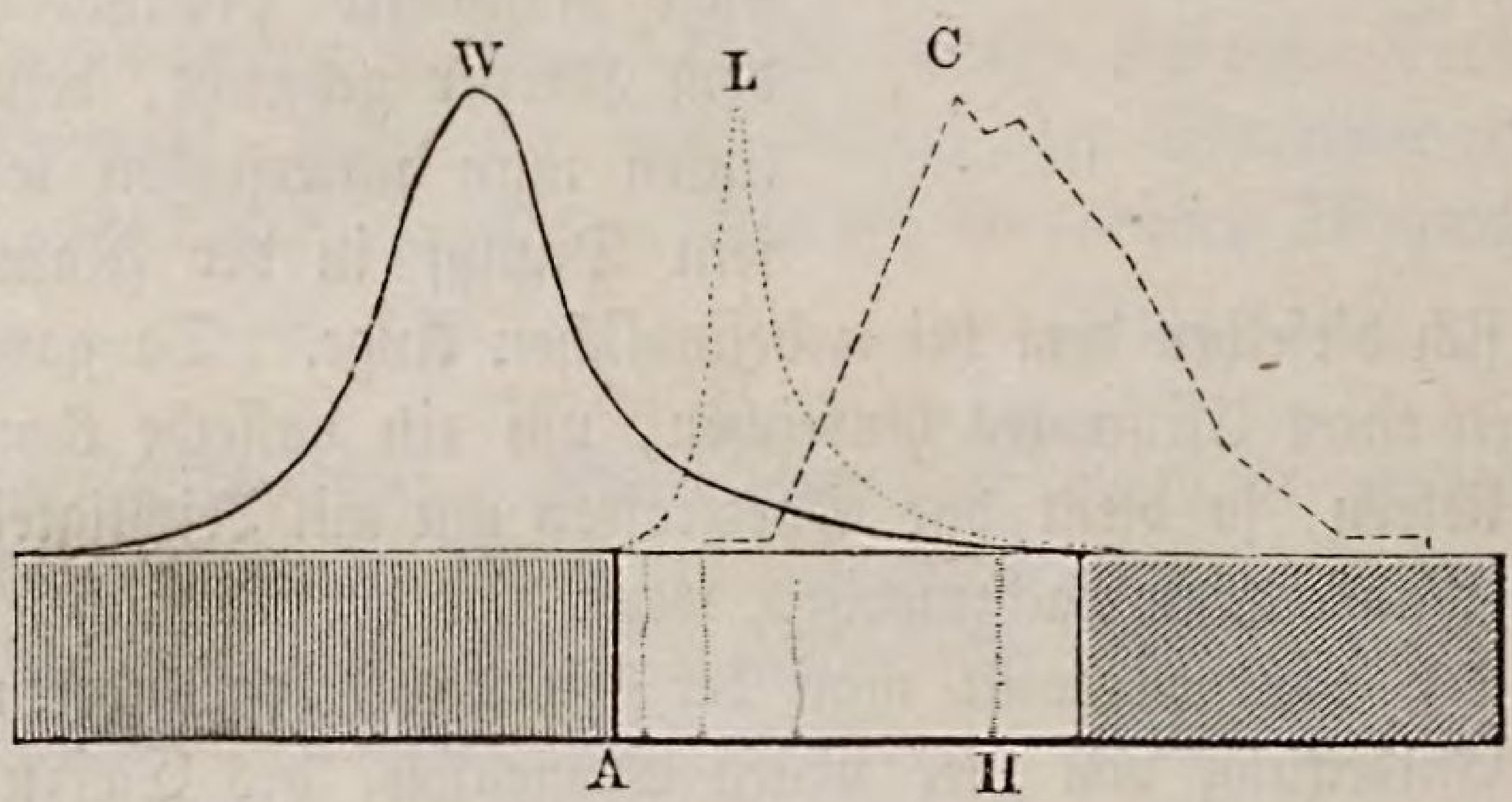
in dem dunklen Raume A befindet sich ein Prisma, welches das Spectrum erzeugt, und dieses wird durch die Oeffnung bei n beobachtet. Vor s wird eine schwache Gasflamme aufgestellt und in diese vermittels Platindraht etwas von dem Körper gebracht, dessen Spectrallinien man untersuchen will. Sobald sein Dampf in der Flamme sich verbreitet, zeigen sich dieselben dem bei n befindlichen Auge. Da ganz unglaublich geringe Mengen eines Elementes hinreichen, um ein dasselbe charakterisirendes Spectrum zu liefern, so dient das Spectroskop um mit Leichtigkeit die Gegenwart der Körper auch dann nachzuweisen, wenn dies der chemischen Analyse nicht gelingt. In der That verdankt man der seit 1860 begründeten Spectralanalyse die Entdeckung von vier neuen Elementen, des Cäsiums, Rubidiums, Thalliums und Indiums.

Endlich ist man unter Anwendung der oben aufgezählten Thatsachen zur Erklärung der dunklen Fraunhofer'schen Linien im Spectrum der Sonne zu folgenden wohlbegründeten Schlußfolgerungen gelangt: 1. Die Sonne besteht aus einem weißglühenden Kern; derselbe würde für sich allein ein continuirliches Spectrum geben. 2. Die Sonne ist umgeben von einer leuchtenden Atmosphäre, die aus glühenden Gasen und Dämpfen besteht, welche für sich allein ein Spectrum mit vielen farbigen hellen Linien liefern würde, herrührend von den verschiedenen in ihr enthaltenen Stoffen. 3. Aus der Gemeinschaft beider Lichtquellen ergiebt sich aber das thatsächliche Sonnenspectrum, mit den dunklen Fraunhofer'schen Linien, welche somit als eine Umkehrung der hellen erscheinen. Durch Vergleichung der Stellen, welche die hellen Linien einnehmen, die von den uns bekannten einfachen Stoffen herrühren, mit den entsprechenden dunklen Linien des Sonnenspectrums hält man es für nachgewiesen, daß in der Sonnenatmosphäre sich die Dämpfe der nachfolgenden Ele-

mente vorfinden, nämlich von Natrium, Kalium, Calcium, Eisen, Magnesium, während darin fehlen: Kupfer, Gold, Silber, Strontium, Aluminium, Blei, Quecksilber und Arsen. Ja, diese Beobachtung ist selbst ausgedehnt worden auf die Fixsterne und Nebelflecken. Als Bestandtheile der ersteren hat man Eisen, Calcium, Natrium, Magnesium und Wasserstoff erkannt. Im hellsten Stern des Orion scheint Wasserstoff zu fehlen; Aldebaran enthält Quecksilber, Antimon und Tellur. Das Spectrum der Nebelflecken zeigt helle Linien auf dunklem Grunde, sie sind also glühende Gasmassen ohne festen Kern, von welchen Wasserstoff und Stickstoff die Hauptbestandtheile zu sein scheinen.

206 **Vollständiges Spectrum.** Die von der Sonne ausgehenden Lichtstrahlen machen sich fühlbar durch dreierlei Qualitäten, sie leuchten, erwärmen und üben chemische Wirkungen aus. In der That hat man das natürliche Sonnenlicht als ein Gemisch von wärmenden, leuchtenden und chemisch wirksamen Strahlen anzusehen, die eine ungleiche Brechbarkeit besitzen, so daß sich ein Wärme-, ein Licht- und ein chemisches Spectrum denken läßt. Ihre Vereinigung nennen wir das vollständige Spectrum, welches uns Fig. 214 vorstellt. Die Wärmestrahlen besitzen die geringste Brechbarkeit und nehmen den durch

Fig. 214.



die Linie *W* begriffenen Theil des Spectrums ein; das nun folgende Lichtspectrum ist von der Linie *L* begränzt, an welches das der chemischen Strahlen sich anreiht, dessen Umfang von der dritten Linie *C* bezeichnet wird. Wie man sieht, greifen die Spectra beiderseits in das Lichtspectrum über, das also sowohl wärmende als chemische Strahlen enthält. Die Gipfelpunkte der Linien *WLC* bezeichnen die senkrecht darunter gedachten Punkte der größten Stärke von Wärme, Licht und chemischer Wirkung, die dem Steigen und Fallen der Linien entsprechend ab- und zunehmen.

207 **Interferenz des Lichtes.** Am Schlusse des Abschnittes über die Wellenbewegung wurde in §. 124 bereits darauf hingewiesen, daß die Erscheinungen des Lichtes auf Schwingungen beruhen, in welche der Aether versetzt wird. Demzufolge müssen wir beim Verlauf derselben ganz entsprechenden Vorkommnissen begegnen, wie dieselben bei der Wellenbewegung im Allgemeinen und

den Schallwellen im Besonderen nachgewiesen worden sind. Dies ist in der That der Fall. Allein während es bei den letztgenannten leicht fiel, die Schwingungen tönender Saiten oder Luftwellen zu veranschaulichen, bieten in dieser Beziehung die eigenthümlichen und feinen Erscheinungen des Lichtes größere Schwierigkeiten, sowohl für die Anstellung, als namentlich auch für die Beschreibung und Erklärung der beweisenden Versuche dar. Wir sind daher genöthigt, uns hier im Wesentlichen auf die Angabe von Thatsachen zu beschränken.

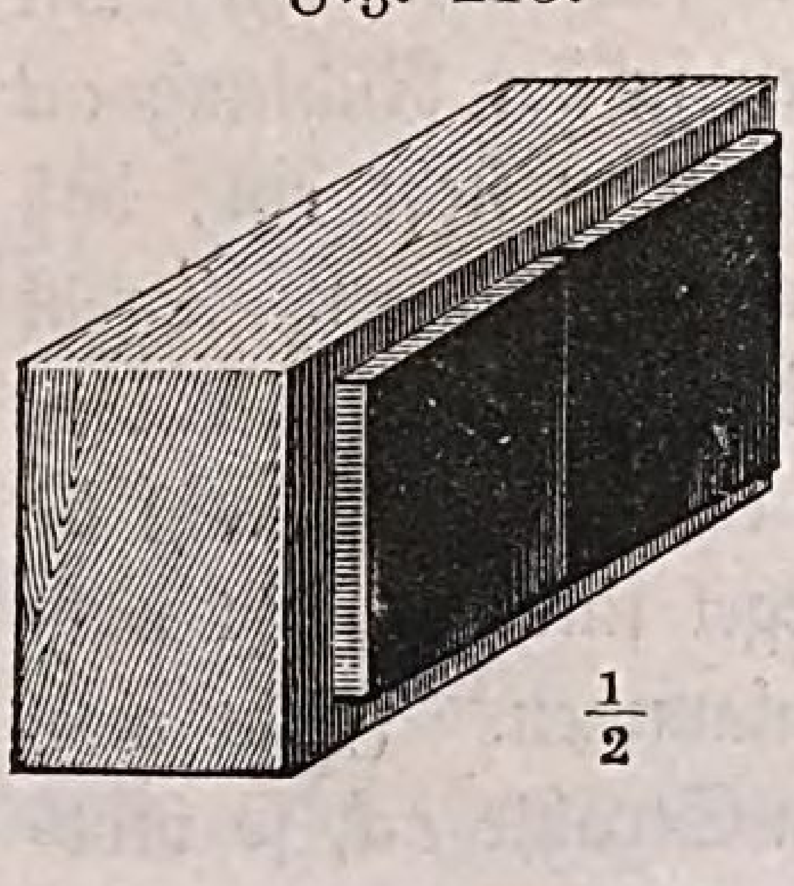
Zunächst sei bemerkt, daß die Lichtstrahlen sich fortpflanzen durch eine Wellenbewegung des Aethers, wobei jedoch die Schwingungen der Aethertheilchen, nicht wie die der Lufttheilchen bei den Schallwellen, in der Richtung der Strahlen stattfinden, sondern senkrecht zu dieser Richtung sind. Dabei sind die Aetherwellen außerordentlich klein und man kann im Mittel annehmen, daß 2000 Wellenlängen auf einen Millimeter gehen. Aus der bekannten Geschwindigkeit des Lichts und aus der Länge einer Lichtwelle läßt sich die Anzahl der Schwingungen ermitteln, welche ein Aethertheilchen in einer Secunde vollendet. Die Berechnung hat hierfür so ungeheure, alle menschliche Fassungsgabe überwältigende Zahlenwerthe ergeben, daß man geneigt sein könnte, dieselben für die Ausgeburten schwindelnder Einbildung zu halten. Allein begründet auf unbestreitbarer Beobachtung und untrüglicher Schlußfolgerung der Mathematik gelten dieselben als unzweifelhafte physikalische Thatsachen.

Hierbei zeigte es sich, daß gleich wie die Höhe eines Tons von der Anzahl der Schwingungen des tönenden Körpers abhängt, so auch die Entstehung der Farbe, welche unser Auge wahrnimmt, auf der Anzahl der Schwingungen der Aethertheilchen beruht. 450 Billionen derselben nimmt das Auge als roth wahr, 589 Bill. als grün, 722 Bill. als violett. Die rothen Wellen sind die längsten, die violetten die kürzesten.

Was in §. 117 von der Interferenz, d. i. der Begegnung und Kreuzung verschiedener Wellensysteme gesagt worden ist, findet seine Anwendung auf gewisse Erscheinungen des Lichts. Treffen Lichtwellen zusammen, die in gleicher Richtung schwingen, so verstärkt sich die erzeugte Lichtwirkung; dagegen wird an Stellen der Wellen, die in entgegengesetzter Richtung schwingen, die Lichtwirkung aufgehoben und Dunkelheit entstehen. Es kann somit der merkwürdige Fall eintreten, daß Licht zu Licht addirt Dunkelheit erzeugt.

Nachweisen läßt sich diese Erscheinung vermittels zweier kleiner Spiegel, Fig. 215, von schwarzem Glas, welche auf einem Holzklotz nebeneinander in der Art befestigt sind, daß sie an der Berührungsstelle einen so stumpfen Winkel bilden, daß ihre Ebenen nahezu zusammenfallen. Trifft nun eine durch einen feinen Spalt gehende Lichtlinie auf diese Spiegel, so entsteht durch die Interferenz der von beiden reflectirten Strahlen eine Reihe von verticalen, abwechselnd hellen und dunkeln Streifen.

Fig. 215.



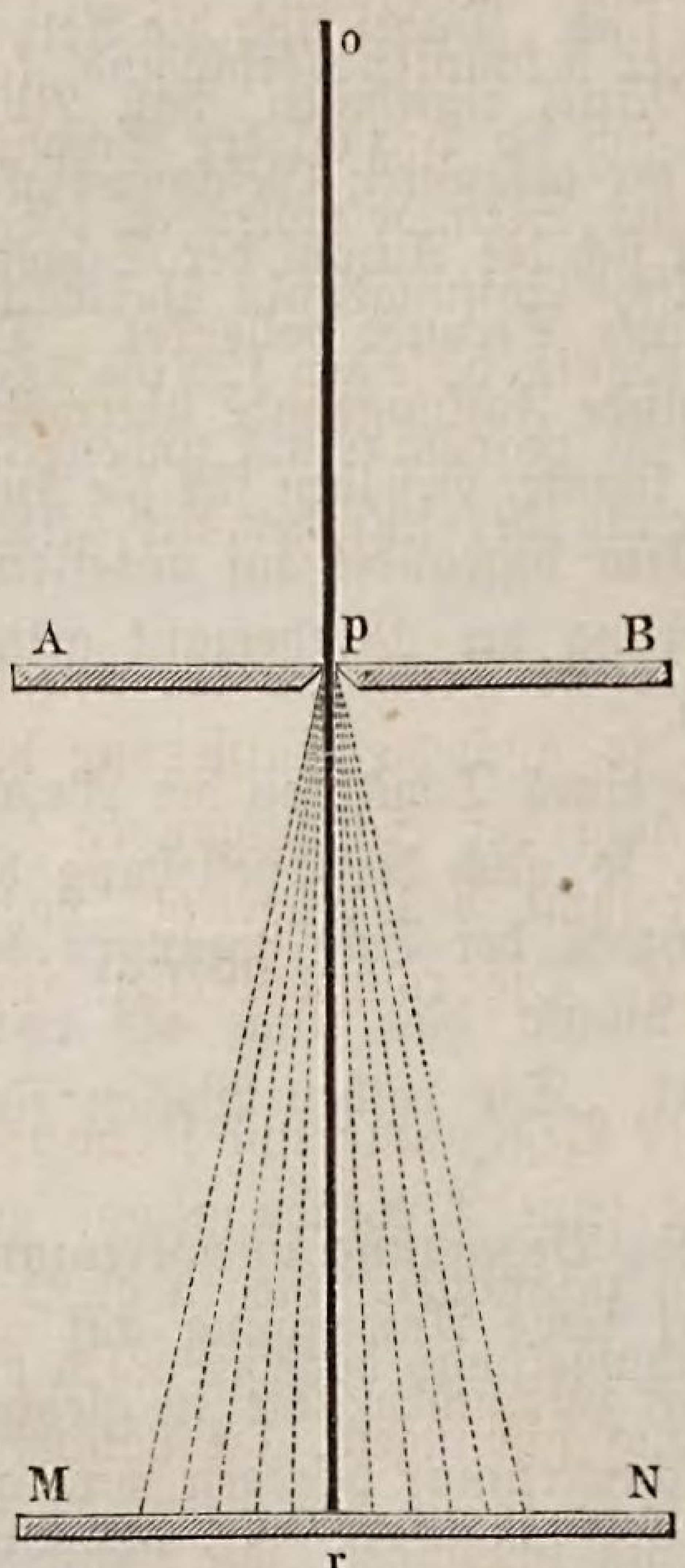
$\frac{1}{2}$

Interferenzerscheinungen in Begleitung von herrlichen Farben kommen vor, wenn Lichtstrahlen auf

dünne Blättchen eines durchsichtigen Körpers fallen; es kann hierbei der Fall eintreten, daß Licht, welches auf der Vorderseite des Plättchens reflectirt wird, mit solchem Licht interferirt, das in das Plättchen eingedrungen war, an der Hinterwand reflectirt wurde, und dann nach zweimaliger Brechung an der Vorderwand wieder austritt. Solchen Interferenzen verdanken die Seifenblasen, bunt angelaufene Metalle und Minerale ihre schönen Farben.

208 **Beugung des Lichts.** In Fig. 216 sei *or* ein Lichtbündel, welcher durch einen schmalen Spalt *p* in der Wand *AB* eintritt und von dem Schirm *MN* aufgefangen wird. In diesem Falle erscheint nicht nur bei *r* eine beleuchtete Stelle, sondern man bemerkt auch zu beiden Seiten derselben helle und dunkle Streifen. Ein Theil des Lichtes ist also um den Rand des Spaltes gebeugt worden. Die erwähnten Streifen zeigen verschiedene Farben, wenn weißes Sonnenlicht zu dem Versuch verwendet worden ist.

Fig. 216.

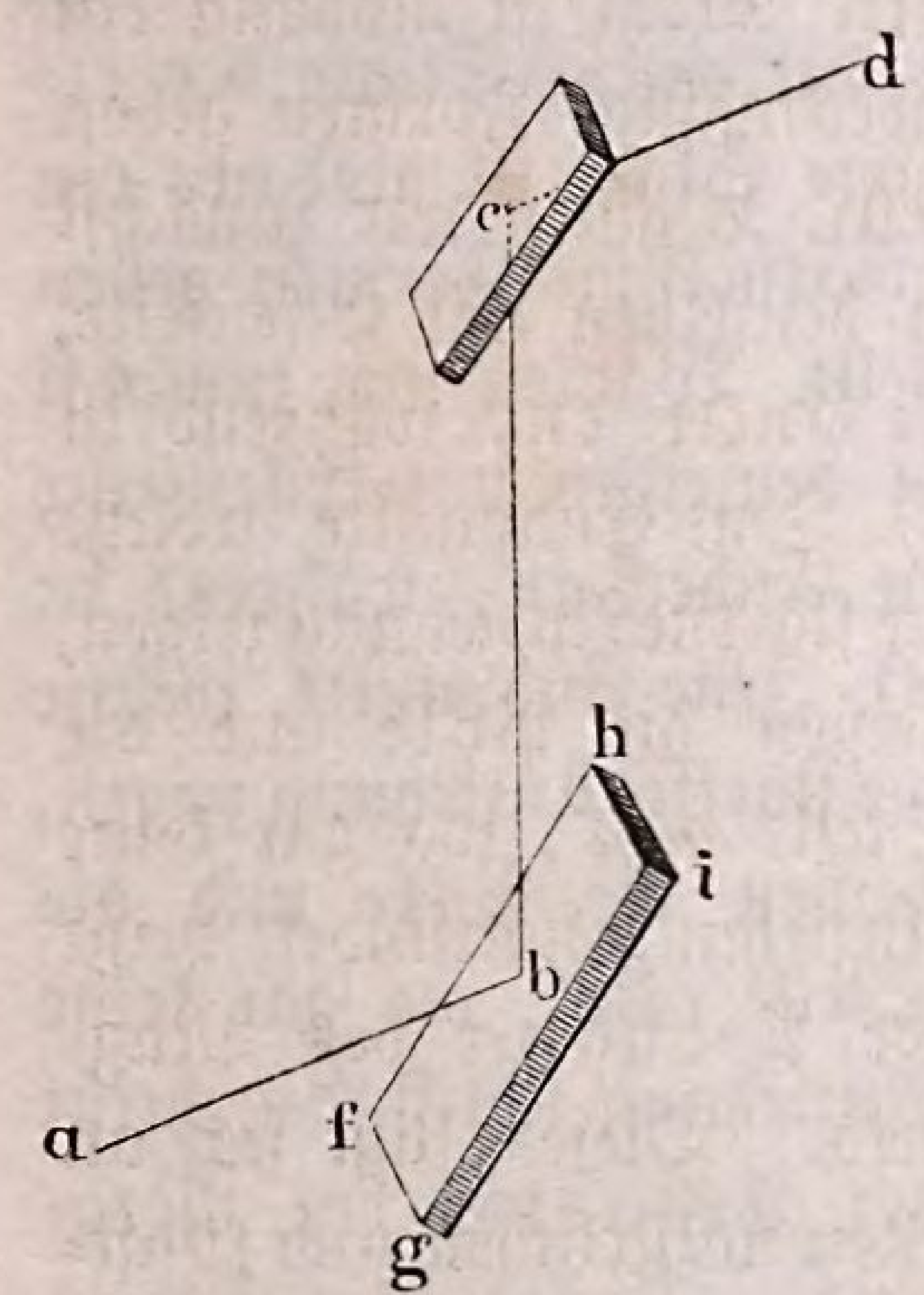


Auch bei dieser Erscheinung, welche als Beugung oder Inflexion des Lichtes bezeichnet wird, kommen Interferenzen zu Stande, insbesondere beim Vorübergehen des Lichts an sehr schmalen Körpern, und es erklären sich hieraus die Farbenerscheinungen, welche sich zeigen, wenn man nach einer Lichtflamme durch Seidenzeug oder durch die Fahne einer Vogelfeder blickt. Betrachtet man fein gestreifte, spiegelnde Oberflächen, welche Licht reflectiren, so beobachtet man etwas Aehnliches, und das bunte Farbenspiel der Perlmutter, das Schillern der Flügel mancher Insecten, der blind gewordenen Fensterscheiben und der Seidenzeuge sind Fälle der Art.

209 **Polarisation des Lichtes.** In Fig. 217 ist *ab* ein Lichtstrahl, welcher unter einem Winkel von 35 Grad auf eine Glastafel *fghi* fällt, die auf der Rückseite geschwärzt ist, folglich als Spiegel den Lichtstrahl in der Richtung *bc* reflectirt. Dieser begegnet sodann einem zweiten ganz ähnlichen, mit dem ersten parallel gestellten Spiegel, wird von demselben in der Richtung *cd* reflectirt und dem Auge sichtbar, das bei *d* sich befindet. Man sieht ein, daß jene drei Strahlen in einer und derselben verticalen Ebene sich befinden. Dreht man nun den obern Spiegel um die Linie *bc*, welche die Richtung des reflectirten Strahls vorstellt, so bleibt zwar der Winkel, welchen der einfallende Strahl *bc* mit der Spiegelfläche macht, unverändert, allein beide Spiegel sind sich jetzt nicht mehr parallel, ihre Reflexionsebenen fallen nicht mehr zusammen. Folgt man von Beginn der Umdrehung mit dem Auge dem reflectirten Strahle *cd*, so beob-

achtet man, daß die Lichtstärke desselben allmälig abnimmt, ja daß er ganz verschwindet, wenn der obere Spiegel um 90 Grad gedreht worden ist, so daß die Reflexionsebenen beider Spiegel rechtwinkelig zu einander sind. Setzt man hierauf die Umdrehung fort, so kommt der reflectirte Strahl *cd* wieder zum Vorschein und erreicht wieder seine volle Stärke, wenn die Drehung 180° beträgt, in welchem Falle die Reflexionsebenen der Spiegel wieder zusammenfallen. Bei weiterer Umdrehung wiederholt sich die beschriebene Erscheinung in gleicher Weise, indem bei einer Drehung von 270° die Reflexionsebenen sich wieder rechtwinkelig kreuzen und der betreffende Strahl verschwindet. Nach vollendeter Umdrehung ist das ursprüngliche Verhältniß wieder hergestellt.

Fig. 217.



Durch die Reflexion vom ersten Spiegel hat demnach das Licht eine Veränderung erlitten; es wird nicht mehr, gleich dem ursprünglichen Lichtstrahle, in jeder beliebigen Stellung von einem zweiten Spiegel reflectirt. Diese Veränderung heißt **Polarisation** und das so veränderte Licht **polarisirtes Licht**.

Es ist ferner zu bemerken, daß durch Metallspiegel, sowie durch gewöhnliche Spiegel, das Licht nicht polarisirt wird. Dagegen erleidet es durch Brechung, insbesondere aber wenn es durch Krystalle geht, ebenfalls eine Polarisation. Zu Versuchen der Art dienen vorzüglich kleine Platten, die aus den Krystallen eines unter dem Namen **Turmalin** bekannten Minerals geschnitten sind.

Wir können die Erscheinungen der Polarisation, die zu den feineren und hinsichtlich der dabei auftretenden Farben zu den anmuthigsten der Optik gehören, hier nicht eingehender verfolgen. Sie verdienten jedoch der Erwähnung, da die Polarisation in der Krystallographie, sowie zur Charakteristik mancher chemischer Stoffe, und auch zur Unterscheidung des ursprünglichen und reflectirten Lichtes von Himmelskörpern mehrfach zu Hülfe genommen wird.

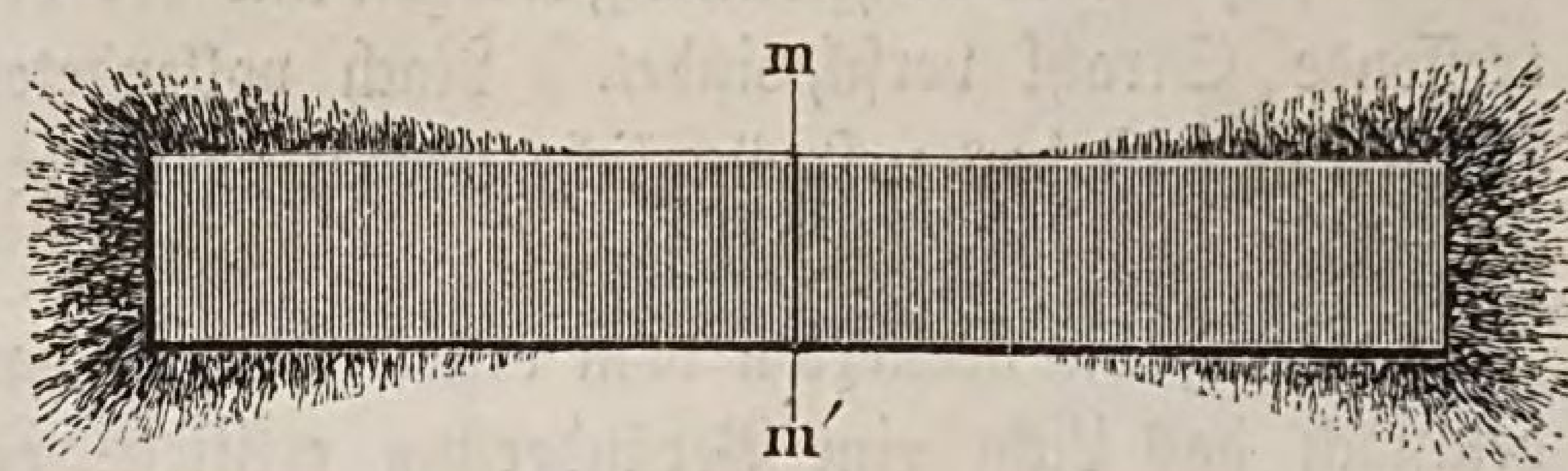
VII. Magnetismus.

Ein ziemlich allgemein verbreitetes Eisenerz besitzt die besondere Eigenschaft, 210
kleine Theilchen von Eisen, z. B. Eisenfeile, anzuziehen, so daß sie an einzelnen Stellen seiner Oberfläche hängen bleiben. Schon im Alterthum war diese Beobachtung bekannt, und man leitet den Namen der Erscheinung von der Stadt **Magnesia** ab, wo jene zuerst gemacht worden sein soll. Jenes Mineral wird **Magneteisenstein**, auch wohl Magnetstein genannt und ist in Schweden so häufig, daß es zur Eisengewinnung benutzt wird. Außer dem Eisen wird auch

das Nickel von dem Magnetstein angezogen. Dasselbe ist jedoch nur schwierig in rein metallischem Zustande zu erhalten, weshalb wir ausschließlich das Verhalten des Eisens zum Magnet betrachten.

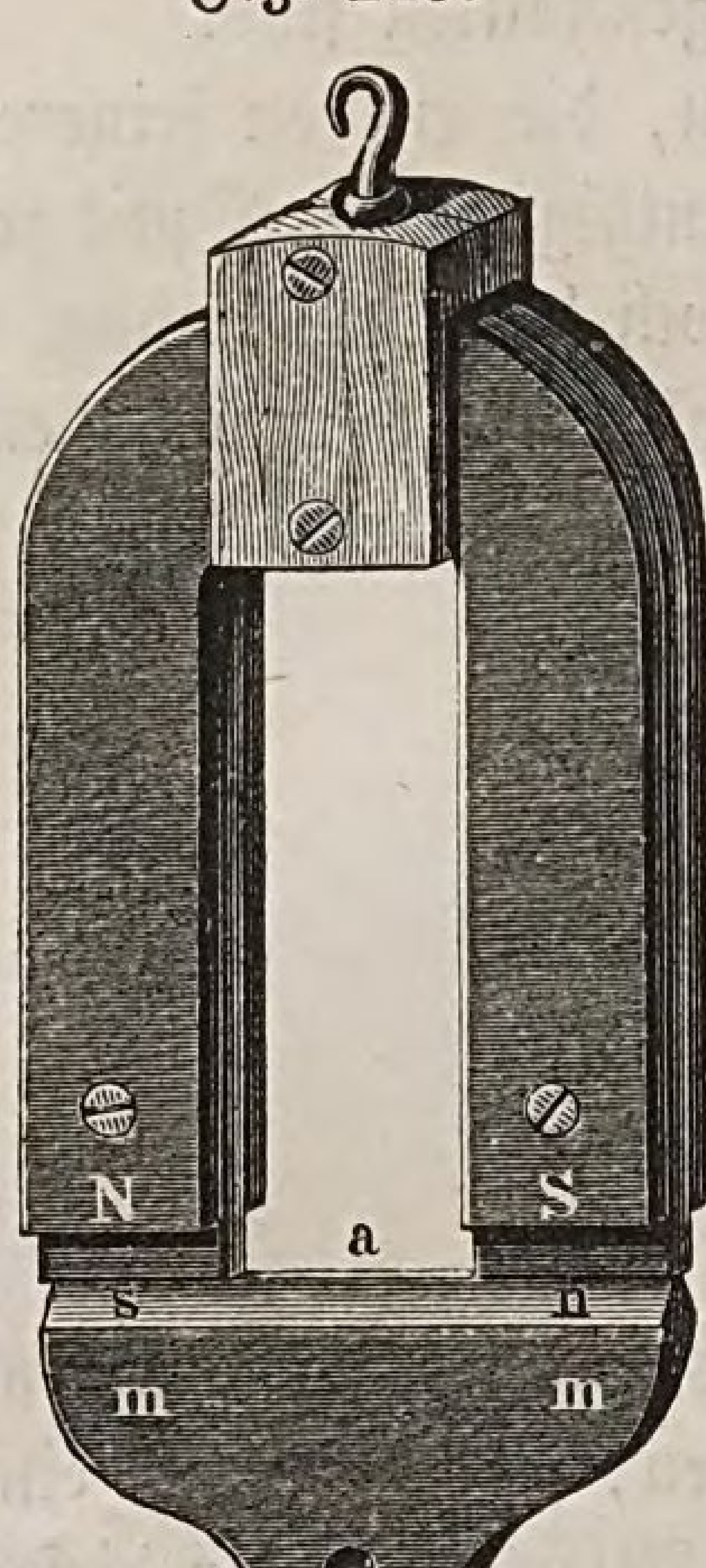
211 Die magnetische Eigenschaft des natürlichen Magnetsteins kann leicht auf Stahl übertragen werden, wenn man denselben mit einem Stücke des erstern in einer gewissen Weise streicht. Der magnetisirte Stahl ist alsdann ein künstlicher Magnet, und da man diesem beliebig zweckmäßige Formen geben kann, so werden alle Beobachtungen mit solchen angestellt. Wählen wir zunächst einen Magnetstab zu unseren Versuchen und bestreuen denselben mit Eisenfeile, so hängt sich diese in größter Menge an dessen beiden Enden an, während in der Mitte kein Eisentheilchen hängen bleibt (Fig. 218). Jene Endpunkte, welche die stärkste Anziehung zeigen, heißen die Pole und die Stelle mm', wo gar keine Anziehung stattfindet, heißt der Aequator des Magnets. Dieses läßt sich an allen natürlichen und künstlichen Magneten nachweisen, gleichgültig, welches ihre Gestalt sei. Bei regelmäßig gestalteten Magneten liegen die Pole an zwei entgegengesetzten Enden und der Aequator in der Mitte zwischen beiden.

Fig. 218.



In der Regel giebt man dem Magneten die Form eines Hufeisens, Fig. 219, wodurch beide Pole NS neben einander sich befinden und so mit vereinter Kraft auf ein Stück Eisen sn wirken, welches der Anker genannt wird und zum Anhängen von Gewichten mit einem Oehre versehen ist. Verstärkte Wirkungen werden erhalten, indem man mehrere Magnete mit ihren gleichnamigen Polen aufeinanderlegt und durch eine Hülse verbindet, wie dies unsere Figur zeigt. Weitere Versuche ergeben, daß die magnetische Anziehung auch durch die Masse eingeschobener Körper hindurch auf das Eisen wirkt und daß ihre Stärke im quadratischen Verhältniß der Entfernung abnimmt.

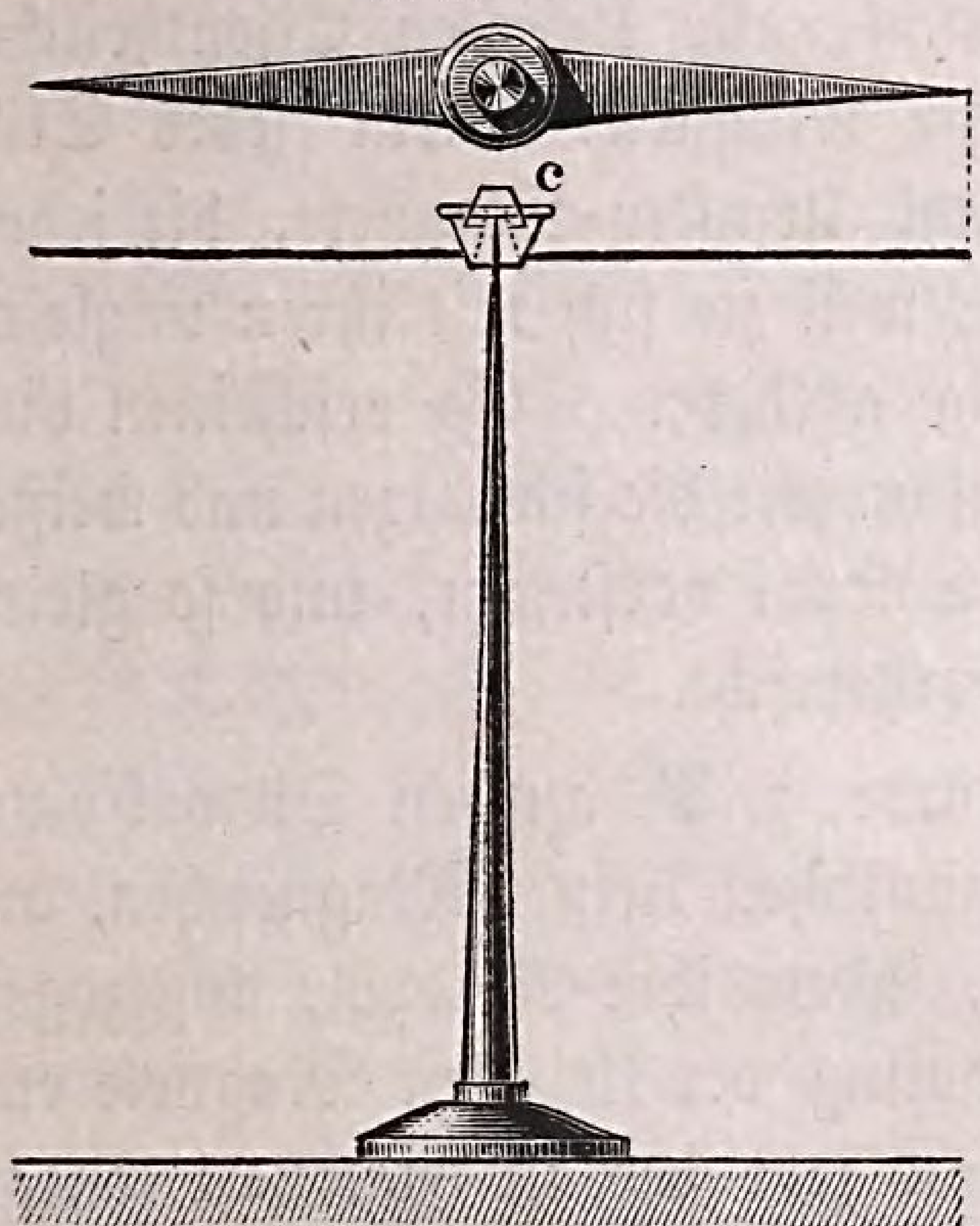
Fig. 219.



212 Wird ein dünner, an beiden Enden zugespitzter Magnetstab, eine sogenannte Magnetnadel (Fig. 220), so aufgestellt, daß sie um ihre senkrechte Achse drehbar ist, so nimmt sie nach mehreren seitlichen Schwingungen endlich eine bestimmte Lage an, in die sie stets wieder zurückkehrt, wie oft man sie auch aus derselben bringen mag. Diese Lage ist in der Weise bestimmt, daß die eine Spitze der Nadel immer nach

Nord hinweist und daher Nordpol heißt, während das entgegengesetzte nach Süd gerichtete Ende Südpol genannt wird. Durch diese Eigenschaft hat die Magnetnadel seit Anfang des 14. Jahrhunderts eine wichtige Anwendung als Compaß gefunden, indem dieses einfache Instrument dazu dient, unter Umständen, wo andere Hülfsmittel fehlen, die Weltgegenden zu bestimmen, wie auf dem Meere, inmitten großer Wälder, in Bergwerken.

Fig. 220.



Wenn man dem Südpol einer wie in Fig. 220 aufgestellten Nadel den Südpol einer zweiten Magnetnadel nähert, so flieht die Spitze der beweglichen Nadel. Nähert man im Gegentheil ihrem Südpol den Nordpol eines zweiten Magnets, so kommt sie diesem entgegen, bis beide sich berühren und einander anhängen. Wir merken uns daher als Gesetz: Gleichnamige Pole der Magnete stoßen sich gegenseitig ab, ungleichnamige ziehen sich an. 213

Wenn man zwei Magnetstäbe von gleicher Kraft so auf einander legt, daß ihre ungleichnamigen Pole zusammenkommen, so bleibt Eisenfeile nicht mehr an denselben hängen, ihre magnetische Kraft erscheint aufgehoben. Hatten zwei auf dieselbe Weise verbundene Magnete eine ungleiche Stärke, so findet zwar noch Anziehung statt, allein dieselbe ist beträchtlich geringer als die jedes einzelnen Stabes für sich. Zwei Magnetnadeln, durch eine gemeinschaftliche Achse mit ihren entgegengesetzten Polen verbunden, haben ihre Richtungskraft eingebüßt, wenn sie einander vollkommen gleich, oder geschwächt, wenn sie von ungleicher Stärke waren. Man ersieht aus diesen Versuchen, daß in jedem Magnet zwei Kräfte wirken, die in der Art einander entgegengesetzt sind, wie positive und negative Werthe in der Arithmetik. 214

Am auffallendsten erscheint jedoch der folgende Versuch: Eine stählerne Stricknadel sei durch Bestreichen magnetisch gemacht worden, so daß an ihren beiden Polen Büschel von Eisenfeile sich anhängen. Wird diese Nadel nun in der Mitte entzweigeschnitten, so ist jede Hälfte wieder ein vollständiger Magnet mit zwei Polen, ja man kann jedes dieser Stücke beliebig weiter theilen, und immer erhält man kleine Magnete mit zwei thätigen Polen, woraus hervorgeht, daß die magnetische Eigenschaft eines Magnets jedem seiner Theile innewohnt, obgleich sie nur an den Polen sich wirksam erweist.

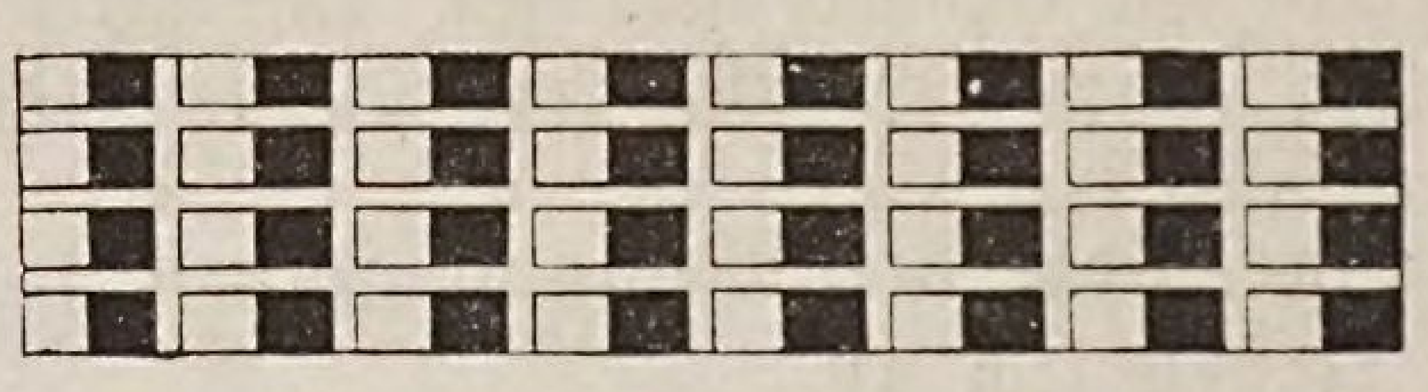
Hängt man an den Pol eines Magneten ein Stückchen Eisen, so nimmt dieses selbst magnetische Eigenschaften an, denn von seinem freien Ende werden nicht bloß Eisenfeilstäubchen angezogen, sondern man kann an das erste Eisenstäbchen ein zweites, an dieses ein drittes und so fort anhängen und dadurch eine Kette von kleinen Magneten bilden. So wie man jedoch das erste Stückchen Eisen vom Magnete abzieht, hat es seine magnetische Eigenschaft verloren

und die Kette fällt auseinander. Man ersieht hieraus, daß Eisen unter dem Einfluß eines Magneten vorübergehend magnetisch wird.

215 Aus vorstehenden Erscheinungen hat man das Wesen des Magnetismus dadurch zu erklären versucht, daß man annimmt, alle kleinsten Eisentheilchen hätten zwei magnetische Pole, seien also kleine Magnete. Ein jedes Stück Eisen besteht hiernach aus einer großen Anzahl kleinster Magnete, die jedoch durchaus keine magnetische Wirksamkeit äußern, weil sie sich mit ihren ungleichnamigen Polen berühren und somit gegenseitig aufheben. Es erscheinen diese kleinen Magnete durch einander gewürfelt, gleichsam wie die schwarzen und weißen Felder eines Schachbretts, welche Nord- und Südpol vorstellen, und so gleichmäßig vertheilt, daß nirgends die eine Farbe vorherrscht.

Bringe ich jedoch, wie oben angeführt wurde, z. B. an den Südpol eines Magneten ein Stück Eisen, so erhalten die sämmtlichen kleinen Magnetchen, aus welchen dieses besteht, eine bestimmte Richtung, indem ihre Nordpole angezogen, ihre Südpole abgestoßen werden. Die Anordnung der kleinsten Magnete entspricht jetzt der in Fig. 221 dargestellten, wo alle weißen Felder oder Südpole nach links, alle schwarzen Felder oder Nordpole nach rechts gerichtet sind, so daß ihre Kräfte an beiden Enden summirt und thätig erscheinen. Entzieht man das Eisenstück dem Einfluß des Magneten, so stellt sich durch die gegenseitige Abstoßung der gleichnamigen Pole die frühere Lage der kleinen Magnete wieder her, und ihre Wirkung ist aufgehoben.

Fig. 221.



216 So ähnliche Körper das Eisen und der Stahl sind, so ist ihr Verhalten in Beziehung auf den Magnet doch wesentlich verschieden. Nach unserer Vorstellung besteht ein jedes dieser Metalle aus kleinsten Magneten. Beim Eisen kann man, wie eben gezeigt wurde, leicht, aber nur vorübergehend eine Umkehrung seiner Theilchen durch bloße Annäherung an einen Magnet bewirken. Es wird daher vom Magnet stark angezogen, aber es wird selbst nur vorübergehend magnetisch.

Im Stahl scheint irgend ein Widerstand die Anreihung der gleichnamigen Pole zu erschweren, weshalb Stahl vom Magnet nur in geringem Grade angezogen wird. Dagegen gelingt es, im Stahl dauernd eine solche Anordnung seiner Theilchen zu bewirken, daß er selbst ein vollkommener Magnet wird. Es geschieht dieses durch das Bestreichen mit einem natürlichen oder künstlichen Magnet. Man setzt den Nordpol eines solchen in der Mitte eines stählernen Stabes auf und streicht mehrmals nach einem von dessen Enden hin. Dasselbe wiederholt man gleich oft mit dem Südpol nach der entgegengesetzten Richtung. Der Stab ist jetzt selbst ein Magnet und verliert diese Eigenschaft nur, wenn er stark erhitzt wird.

Da wir uns den Magnetismus nicht als Stoff, sondern als gleichgerichtete Kraft denken, so ist es begreiflich, daß wir mit einem künstlichen Magnet ins

Unendliche Magnete erzeugen können, ohne daß jener das geringste von seinen magnetischen Eigenschaften verliert.

Eine stählerne Stricknadel von gleichmäßiger Dicke, an einem Faden genau 217
in ihrer Mitte aufgehängt, wird sich im Gleichgewicht befinden und eine *wagerechte* Lage annehmen. Durch Bestreichen werde jetzt diese in einen Magnet verwandelt und wie vorher wieder aufgehängt. Merkwürdiger Weise scheint jetzt die Nadel nicht mehr im Gleichgewicht sich zu befinden, denn das eine Ende neigt sich sehr merklich nach dem Boden, gleichsam als ob es an Gewicht zugenommen hätte. Soll die magnetisirte Nadel wieder eine wagerechte Lage annehmen, so muß sie in einem Punkte aufgehängt werden, der näher an der geneigten Spitze liegt als an der entgegengesetzten.

Sowohl dieser Versuch, als auch der bereits erwähnte Umstand, daß die Nadel immer in einer Richtung sich einstellt, die den Norden und Süden bezeichnet, lassen auf das Vorhandensein einer Ursache schließen, welche diese Erscheinungen bedingt. In der That ist die Erde selbst als ein großer Magnet zu betrachten. Ihre magnetischen Pole befinden sich jedoch nicht genau an derselben Stelle, wo die Erdpole sich befinden, daher denn auch ihr magnetischer Aequator nicht mit dem mittlern Erdgürtel zusammenfällt. Eine Magnetnadel erhält nicht allein ihre Richtung, sondern auch diejenige Anziehung, die ihr Gleichgewicht ändert, von dem Erdmagnetismus. Da der magnetische Nordpol der Erde den Südpol der Nadel anzieht, so müßte eigentlich ihre nach Norden gerichtete Spitze *Südpol* genannt werden, und umgekehrt.

Folgt man der von einer Magnetnadel bezeichneten nördlichen Richtung, so wird man natürlich nicht an den geographischen Nordpol der Erde gelangen, da dieser nicht an ein und derselben Stelle mit ihrem magnetischen Pole liegt. Verlängert man in Gedanken die von der Nadel gegebene Richtung, so erhält man einen durch die magnetischen Pole um die ganze Erde gelegten Kreis, welcher der *magnetische Meridian* heißt. Derselbe schneidet den durch die Erdpole gehenden Meridian in einem Winkel von 18 Graden, welcher die *westliche Abweichung* oder *Declination* der Nadel von der rein nördlichen angiebt. Die Declination ist veränderlich, je nach Ort und Zeit und die genannte Zahl ist als ihr mittlerer Werth für Deutschland anzusehen. Man beobachtet aber an der Nadel die täglichen Schwankungen oder *Variationen*, indem mit Sonnenaufgang ihr Nordende anfängt, sich nach Westen zu bewegen, um 5 Uhr Nachmittags die stärkste Ablenkung erreicht und von da an wieder zurückgeht. Im Mittelwerth beträgt für Deutschland der Winkel dieser Schwankung im Sommer 13 bis 15 Minuten, im Winter 8 bis 10 Minuten.

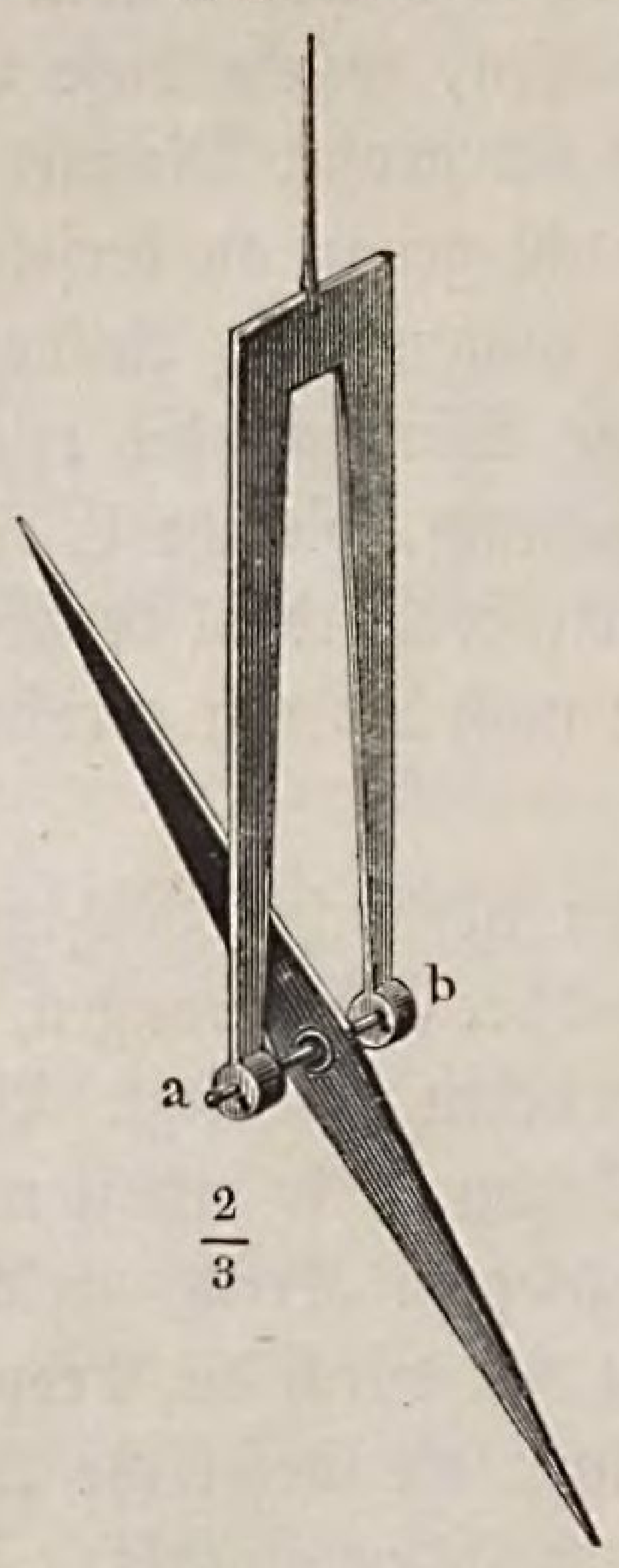
Erheblicher sind die im Verlauf der Jahrhunderte stattfindenden Variationen der Nadel. Denn während die Declination 1580 (für Paris) 10° *östlich* betrug, war sie 1663 gleich Null, 1780 wieder 19° *westlich* und nahm 1814 bis 22° zu, von welcher Zeit an sie abermals fortwährend abnimmt.

Außerdem treten noch *Störungen* der Magnetnadel unter verschiedenen Einflüssen auf. Sobald das *Nordlicht* erscheint, ist dieselbe in beständiger Be-

wegung und erleidet eine bedeutende Ablenkung. Auch Erdbeben und vulkanische Ausbrüche scheinen Einwirkung auf die Magnetnadel zu haben.

Die anziehende Kraft, welche die magnetischen Pole der Erde auf die Nadel ausüben, muß an verschiedenen Orten sehr ungleich sein. Denn es befinde sich die Nadel am magnetischen Aequator, so werden Nord- und Südpol derselben gleichstark von den magnetischen Polen der Erde angezogen. Die Nadel wird also eine vollkommen wagerechte Lage annehmen. Nähert man sich jedoch mit derselben entweder dem magnetischen Nord- oder Südpol, so wird sie eine Neigung (Inclination) annehmen, die um so stärker wird, je mehr man sich einem jener Pole nähert. Man ist in der That dem magnetischen Nordpol schon so nahe gekommen, daß die Nadel eine fast senkrechte Lage zur Erdoberfläche angenommen hat. Hängt man, wie Fig. 222 zeigt, eine um ihre wagerechte Achse *ab* leicht bewegliche Nadel in einem Bügel von Messing an einem Faden auf, so kann diese eine sowohl der Declination als der Inclination entsprechende Lage annehmen, welche letztere im mittlern Deutschland ungefähr 70 Grad beträgt.

Fig. 222.



218 So mag es denn wohl dem Einfluß des Erdmagnetismus zuzuschreiben sein, daß Gegenstände von Eisen oder Stahl magnetische Eigenschaften in geringem Grade erhalten, wenn man dieselben stark streicht, anschlägt oder aufstößt, besonders wenn man sie dabei in einer Richtung hält, die der Abweichung und Neigung der Nadel entspricht. Ja man findet z. B. in der Werkstätte eines Schlossers oder Schmiedes schwerlich ein stählernes Werkzeug, an dem nicht einige Spähne von Eisenfeile hängen bleiben.

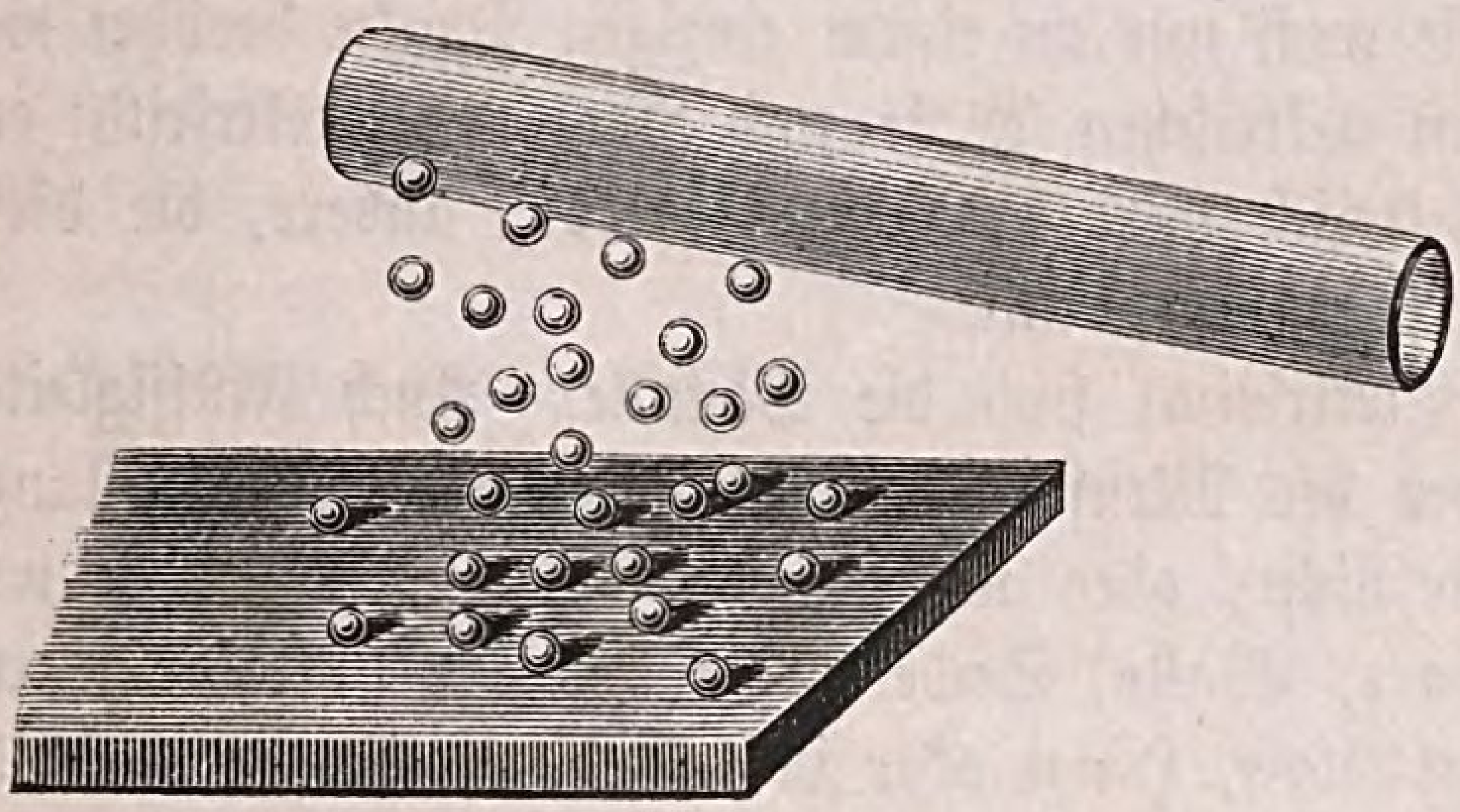
Von der merkwürdigen Wechselwirkung zwischen Magnetismus und Elektricität kann erst die Rede sein, wenn wir die Erscheinungen der letztern kennen gelernt haben.

VIII. Elektricität.

219 Wenn man ein Stück Siegellack, Harz, Kautschuk oder Schwefel mit Wolle reibt, so erhalten dieselben die Eigenschaft, leichte Körperchen, wie kleine Kügelchen von Kork, Hollundermark, Papierschnitzel, Haare u. s. w., in einiger Entfernung anzuziehen. Dies ist die älteste elektrische Erscheinung, denn sie war schon den Griechen bekannt, die sie am geriebenen Bernstein, den sie Elektron nannten, wahrnahmen, und man leitet daher den Namen Elektricität ab. Eine Glasröhre mit einem seidenen Tuche stark gerieben, erhält dieselbe Eigenschaft (s. Fig. 223). Man sagt daher, diese Körper sind nach dem Reiben elektrisch, und die Ursache der Anziehung ist die ihnen verliehene Elektricität.

Lange Zeit hielt man die Reibung für die einzige Quelle der Elektricität. Allein spätere Beobachtungen zeigten, daß die mannichfaltigsten Ursachen elektrische Erscheinungen hervorzurufen im Stande sind, daß die Elektricität eine der am allgemeinsten verbreiteten Erscheinungen ist und daß die ganze Natur fortwährend unter dem Einfluß elektrischer Thätigkeit sich befindet.

Fig. 223.



Als weitere Ursachen, durch welche das Auftreten von Elektricität bewirkt wird, sind anzuführen: Die gegenseitige Berührung von verschiedenen Körpern, insbesondere von zwei verschiedenen Metallen. Es zeigt sich ferner Elektricität, wenn Körper ihren Zustand ändern, insbesondere bei der Dampfbildung, sowie in Folge chemischer Verbindungen und Zersetzungen. Manche Körper zeigen elektrische Eigenschaften, wenn sie an einer Stelle erwärmt werden, während die entgegengesetzte abgekühlt wird. Elektricität kann ferner durch Magnetismus hervorgerufen werden und endlich entwickeln manche Thiere Elektricität willkürlich, andere unwillkürlich, ja die Muskel- und Nerventhätigkeit des Menschen und der Thiere ist von steter elektrischer Erregung begleitet.

Am bedeutendsten für die gewöhnlichen Erscheinungen sind die durch Reibung und chemische Zersetzung hervorgerufenen Aeußerungen der Elektricität.

Reibungselektricität.

Eine große Anzahl von Körpern wird durch Reiben nicht elektrisch und 220
man hat dieselben unelektrische genannt, im Gegensatz zu den elektrischen. Zu ersteren gehören besonders die Metalle, zu letzteren die bereits angeführten. Bei genauerer Beobachtung findet man jedoch, daß es, streng genommen, keinen unelektrischen Körper giebt, indem alle in elektrischen Zustand versetzt werden können, was jedoch bei vielen nur in sehr geringem Grade der Fall ist.

Reibt man Glas oder Harz im Dunkeln sehr stark, so sieht man einen leuchtenden Schein auf deren Oberfläche, und wenn man diese geriebenen Körper dem Knöchel eines Fingers oder einem metallenen Gegenstand nähert, so sieht man wohl auch einen lebhaften Funken mit einem knisternden Geräusch überspringen, der an der getroffenen Stelle des Fingers einen kleinen stechenden Schmerz verursacht. Man nennt diese Erscheinung den elektrischen Funken.

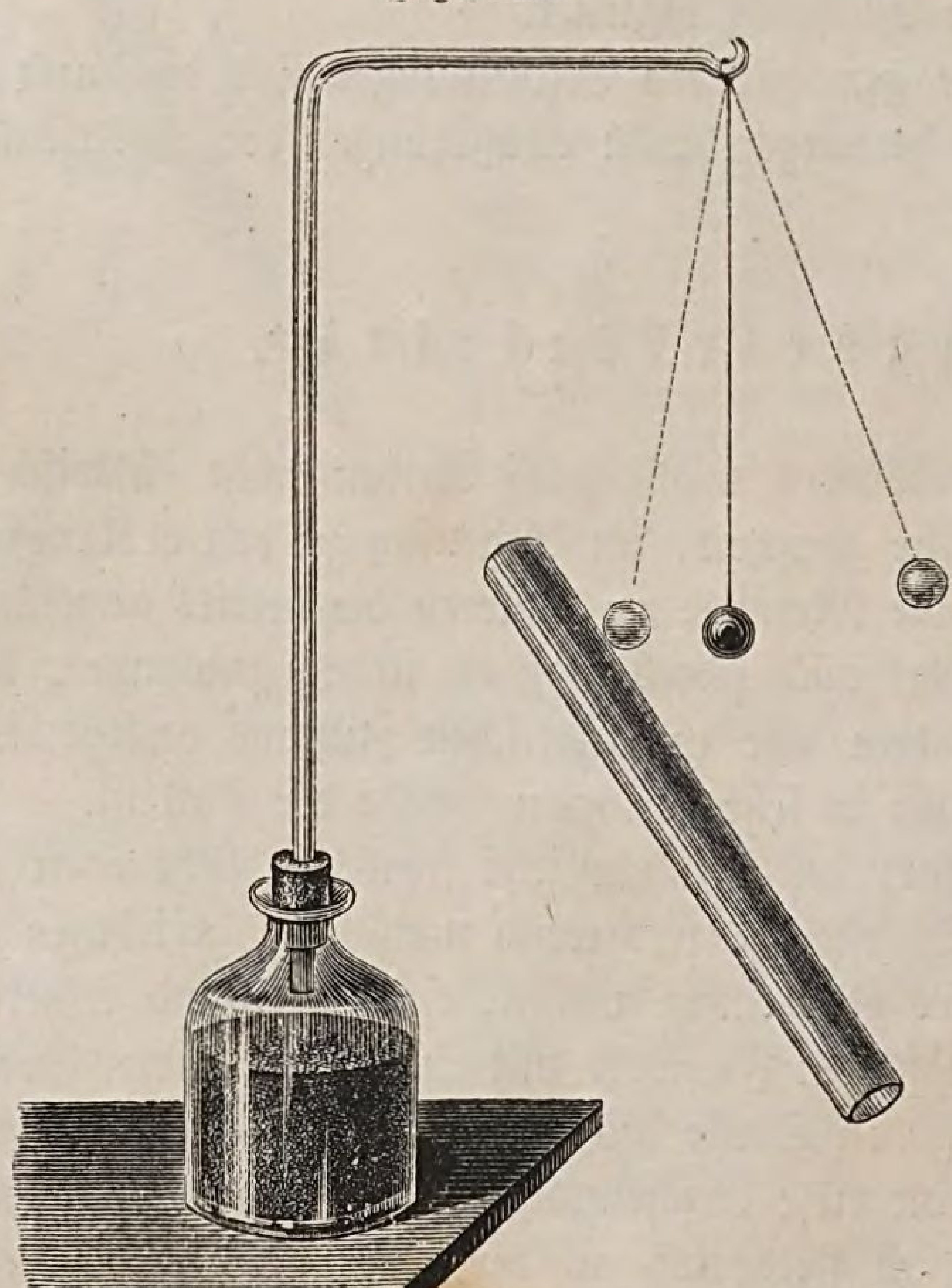
Die Elektricität befindet sich stets nur an der Oberfläche der elektrisirten Körper. Dem Glas und Harz wird sie nur an den Punkten entzogen, welche man unmittelbar berührt. Nähert man dem geriebenen Glase oder Harze einen

metallischen Körper, so geht die Elektricität auf letztern über, und derselbe besitzt jetzt alle elektrischen Eigenschaften, er zieht leichte Theilchen an und giebt Funken. Bemerkenswerth ist indeß, daß die Metalle ihre Elektricität sogleich und vollständig verlieren, wenn sie auch nur an einem einzigen Punkte berührt werden. Solche Körper, die dem elektrischen Glase und Harze die Elektricität entziehen und dadurch selbst elektrisch werden, heißen Leiter, andere, die dieses nicht bewirken, werden Nichtleiter genannt.

Die besten Leiter der Elektricität sind die Metalle. Auch Flüssigkeiten, Wasserdampf und der Körper des Menschen, der Thiere und frische Pflanzen sind vorzügliche Leiter. Gar nicht, oder nur in höchst geringem Grade wird die Elektricität von Glas, Harz, Wolle, Seide und trockener Luft fortgeleitet. Wenn man einem elektrisirten Glase, Harze oder Metalle einen Körper von Glas nähert, so nimmt dieser keine Spur von Elektricität auf. Man kann daher die Elektricität auf einem Körper zurückhalten, wenn man ihn mit guten Nichtleitern umgiebt. So z. B. verliert irgend ein Metallkörper, den wir in trockener Luft auf eine Glasplatte oder Harzscheibe legen, und ihm alsdann Elektricität mittheilen, dieselbe nur, wenn man ihm einen Leiter nähert. Körper, die von allen Seiten nur von Nichtleitern umgeben sind, nennt man isolirt, und die Nichtleiter heißen auch Isolatoren.

In ähnlicher Weise, wie es beim Magnetismus geschah, lassen wir nun eine Reihe von Versuchen folgen, welche dienen, uns mit dem Wesen der Elektricität bekannt zu machen.

Fig. 224.



221 Hängt man, wie Fig. 224, ein Kügelchen von Kork an einem Seidenfaden auf, und nähert demselben geriebenes Siegellack, so wird der Kork angezogen, bis er endlich das Lack berührt. Aber in dem Augenblick, wo dieses geschieht, wird das Kügelchen mit Heftigkeit abgestoßen. Es hat jetzt einen Theil der Elektricität des Harzes aufgenommen. Bringen wir nun aufs Neue geriebenes Lack in seine Nähe, so wird es auffallender Weise nicht angezogen, sondern im Gegentheil, es flieht in entgegengesetzter Richtung, und es scheint nicht anders, als daß beide mit der vom Harze

herrührenden Elektricität geladene Körper sich gegenseitig abstoßen. Ich nehme nun eine Glasröhre, reibe sie mit Seide, und halte sie dem Kork nahe. Schon in beträchtlicher Entfernung bemerken wir, daß derselbe sich nach der Röhre hinbewegt, daß er also von der aus Glas hervorgerufenen Elektricität angezogen wird.

Theile ich ferner einem solchen Kügelchen Elektricität des Harzes und einem andern Elektricität des Glases mit, und nähere sie einander, bis sie sich anziehen oder berühren, so findet man nach der Berührung weder das eine noch das andere mit elektrischen Eigenschaften begabt.

Aus diesen einfachen Versuchen entnehmen wir:

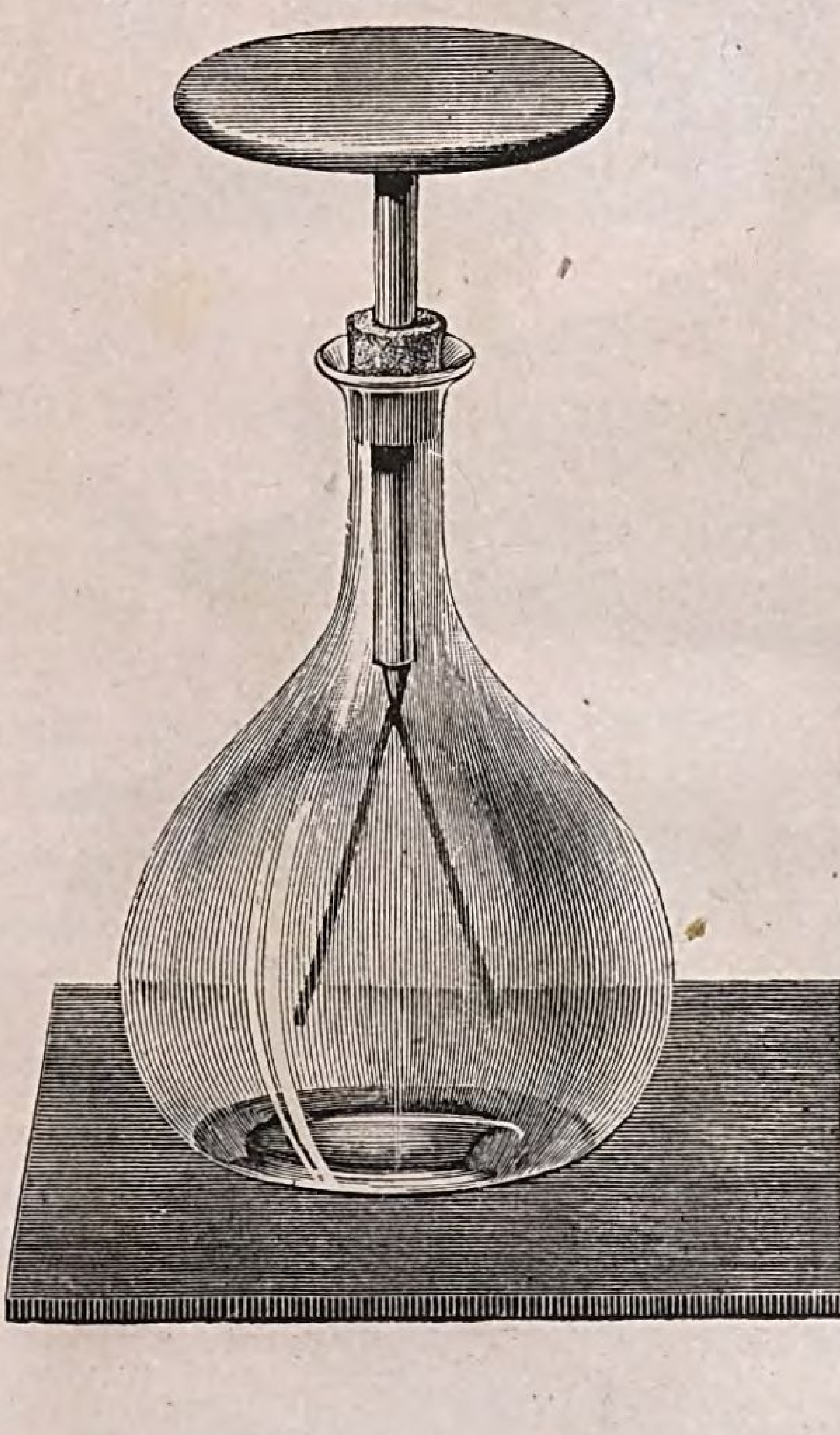
1) Es giebt zweierlei Arten Elektricität, wovon die erste, durch Reiben des Glases gewonnen, positive oder Glaselektricität genannt und durch + Elektricität bezeichnet wird. Die zweite Art erhält man vom geriebenen Harze, sie heißt negative oder Harzelektricität, und wird durch — Elektricität bezeichnet.

2) Körper, die mit gleichnamiger Elektricität geladen sind, stoßen sich ab, solche, die ungleichnamige Elektricität enthalten, ziehen sich an.

3) Die ungleichnamigen Elektricitäten streben beständig sich zu vereinigen. Ist dieses geschehen, so entsteht 0 Elektricität, d. h. sie heben gegenseitig ihre elektrischen Eigenschaften auf, oder sie binden sich gegenseitig, so daß die Elektricität nicht mehr wahrnehmbar ist.

4) Alle Körper enthalten beide Elektricitäten, in vereinigtem oder gebundenem Zustande. Durch verschiedene Ursachen, z. B. durch Reiben, können sie getrennt werden. Wenn in diesem Falle der geriebene Körper + Elektricität annimmt, so wird das Reibzeug — elektrisch.

Fig. 225.

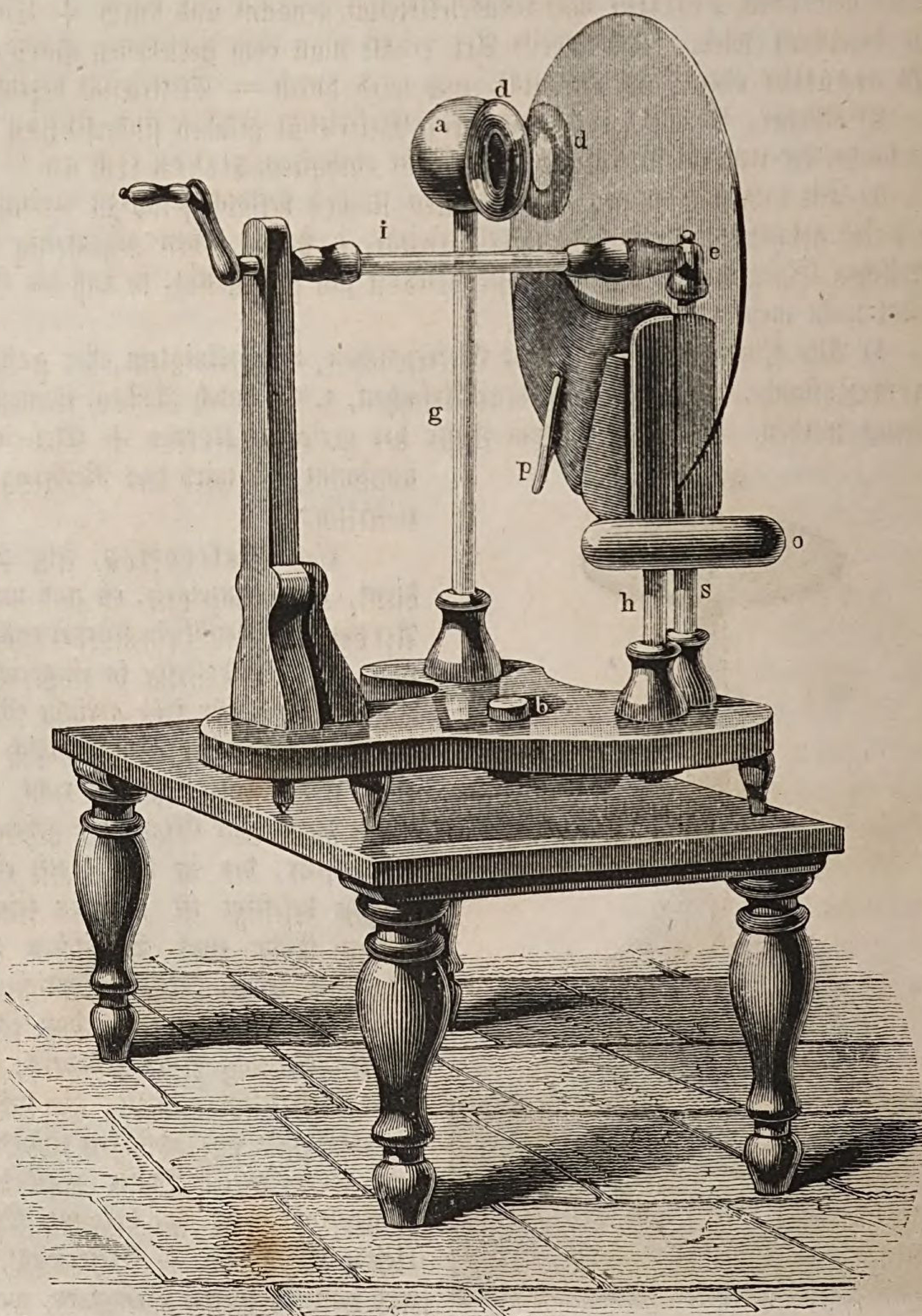


Das Elektroskop, Fig. 225, dient, um anzuzeigen, ob und welche Art von Elektricität ein Körper enthält, und zwar ist dasselbe so eingerichtet, daß es schon für sehr geringe Mengen von Elektricität empfindlich ist. Eine kleine Metallplatte ruht auf einem durch eine Glasröhre gehenden Metallstift, der in dem Halse einer Flasche befestigt ist und an seinem untern Ende zwei Streifchen von Blattgold trägt. Diese Vorrichtung muß so empfindlich sein, daß schon bei Annäherung eines Körpers, der freie Elektricität enthält, die beiden Goldblättchen sich abstoßen und deshalb divergiren. Theilt man dem Elektroskop zuerst eine bekannte Elektricität mit, z. B. + Elektricität, so wird dasselbe stärker divergiren, wenn

demselben ein Körper mit gleichnamiger Elektricität genähert wird. Im andern Falle wird die Divergenz abnehmen.

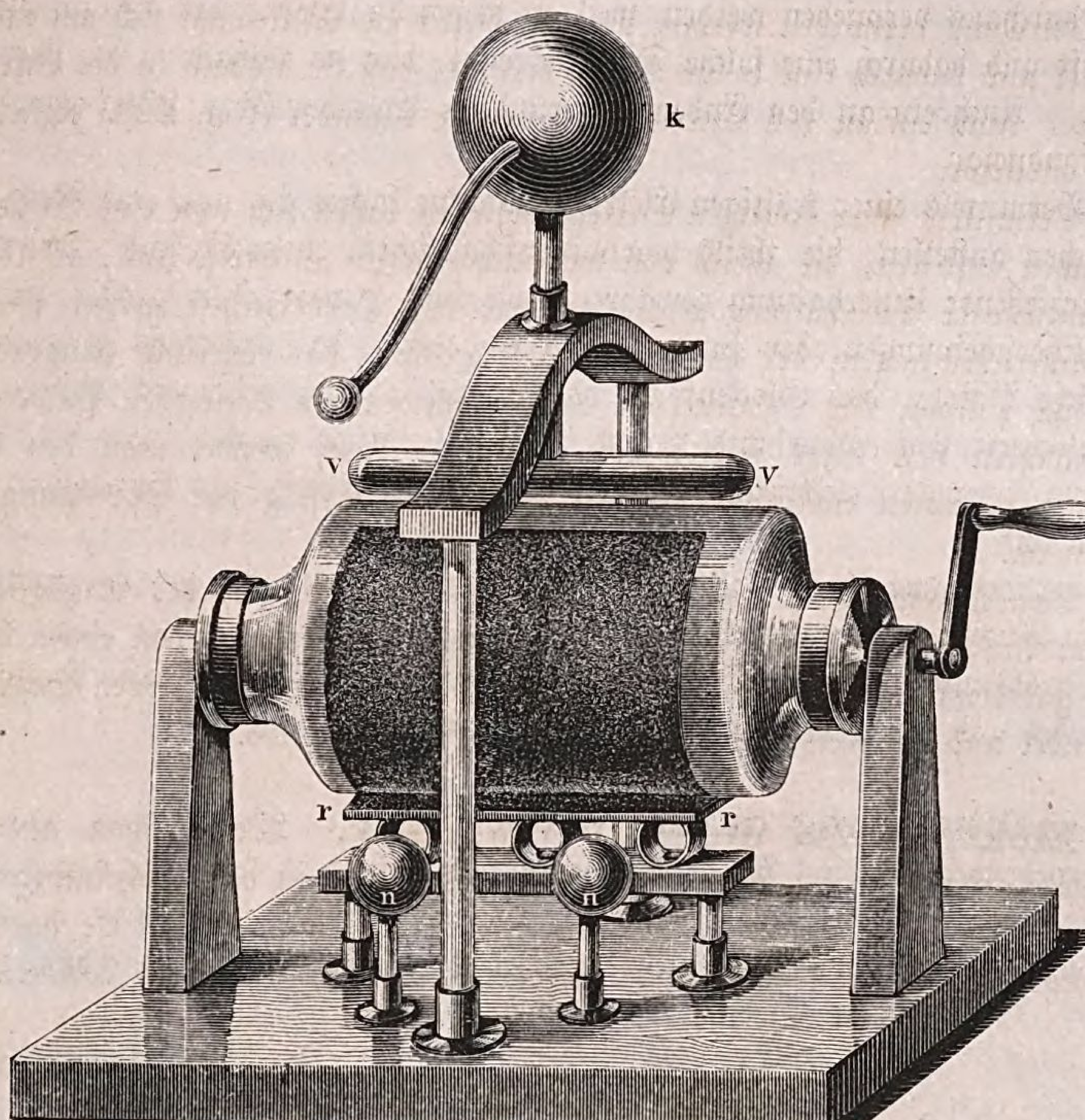
222 **Die Elektrisirmaschinen.** Zur Hervorbringung stärkerer elektrischer Erscheinungen bedient man sich besonderer Vorrichtungen, bei welchen größere Glasflächen an einer metallischen Fläche gerieben werden. Entweder verwendet man hierzu große Glasscheiben (Fig. 226) oder Glascylinder (Fig. 227). Erstere haben den Vorzug, daß sie auf beiden Seiten gerieben werden können. Die Cylindermaschinen gewähren dagegen den Vortheil, daß sie weniger umfangreich

Fig. 226.



und minder zerbrechlich sind. Das sogenannte **Reibzeug** besteht aus einem Brettchen, das mit weichem Leder überzogen ist. Letzteres wird mit etwas Fett

Fig. 227.



bestrichen und auf dieses das feingepulverte Amalgam, ein Gemenge von Zinn, Zink und Quecksilber, aufgetragen. Durch Federn wird das Reibzeug (*hs* oder *rr*) an die Glasfläche angedrückt.

Man bedarf jetzt noch einer Vorrichtung, um die bei der Umdrehung freiwerdende Elektricität anzusammeln. Hierzu dienen die Saugvorrichtungen (*dd* oder *vv*), welche an den Conductoren (*a* oder *k*) befestigt und der geriebenen Glasfläche möglichst genähert sind. Alle seither genannten Theile der Maschinen werden von Glasfüßen getragen, sind folglich isolirt. Nachdem man das Reibzeug durch eine Kette mit dem Erdboden in ableitende Verbindung gebracht hat, wird die Maschine in Bewegung gesetzt. Durch die Reibung wird das Glas + elektrisch und zieht durch die Saugvorrichtung die — Elektricität des Conductors an, so daß auf diesem freie + Elektricität zurückbleibt.

Wollte man die Elektricität des Reibzeuges sammeln, so muß man die Conductoren *a* oder *k* mit der Erde in leitende Verbindung bringen und in der Nähe der Reibzeuge die kleinen Conductoren *o* oder *nn* aufstellen.

Wie man sieht, wurde den Conductoren, deren Oberfläche zur Aufnahme

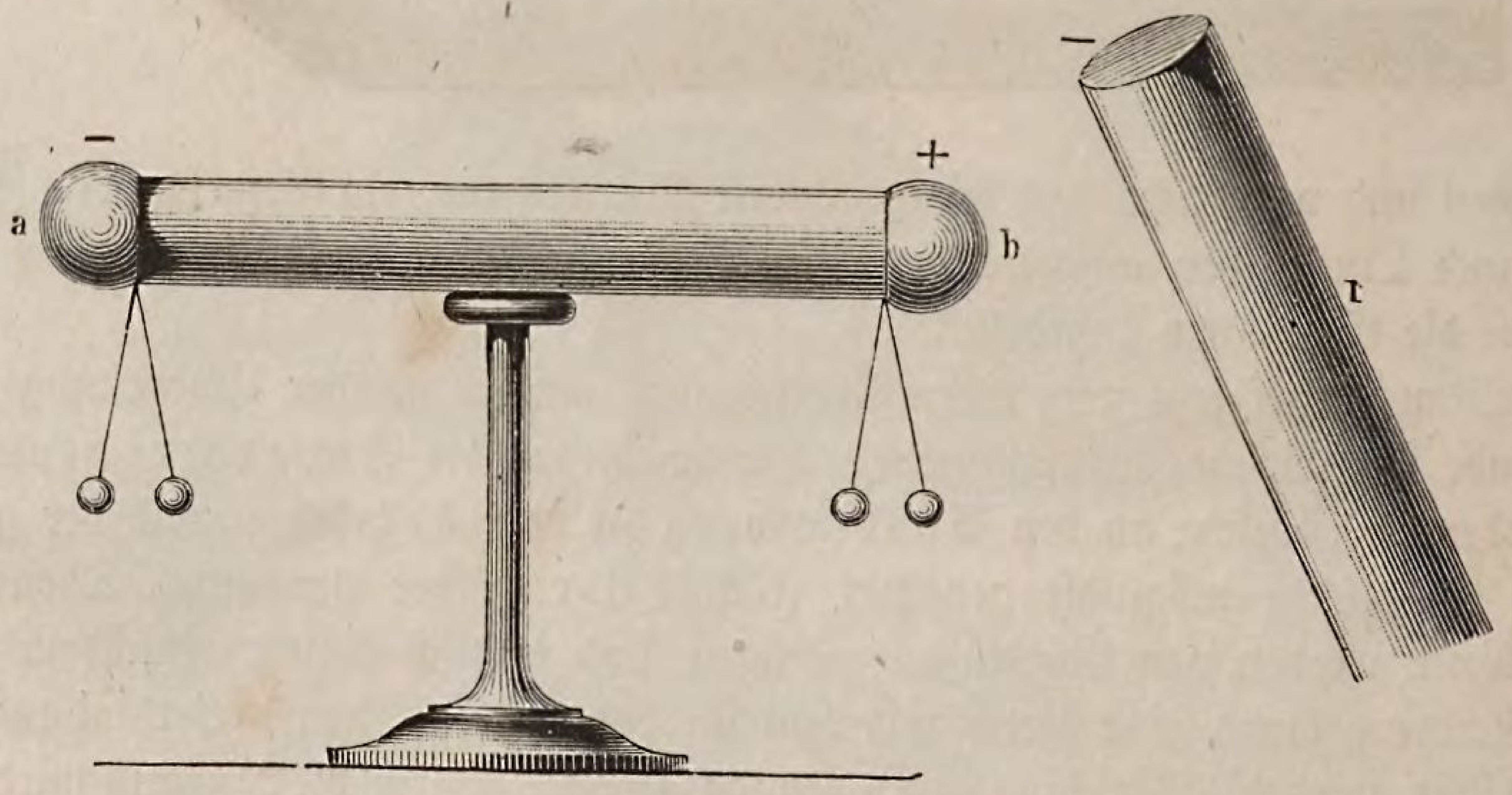
der freigewordenen Elektricität dienen soll, eine kugelförmige Gestalt gegeben, denn nur auf einer Kugel findet eine vollkommen gleichmäßige Vertheilung der Elektricität Statt. Hervorragende Kanten, Ecken und Spitzen müssen an Conductoren durchaus vermieden werden, weil an diesen die Elektricität sich am meisten anhäuft und dadurch eine solche Dichte erreicht, daß sie alsbald in die Luft entweicht. Auch ein an den Enden abgerundeter Cylinder (Fig. 228) eignet sich als Conductor.

223 Vermittels einer kräftigen Elektrisirmaschine lassen sich nun eine Reihe von Versuchen anstellen, die theils von wissenschaftlichem Interesse sind, theils eine sehr anziehende Unterhaltung gewähren, wie das Hervorziehen großer Funken, die Blitzerscheinungen, der Puppen- und Kugeltanz, das elektrische Flugrad, die elektrische Pistole, das Glockenspiel, das Entzünden von Weingeist, Pulver, das Durchlöchern von Glas und Pappe u. a. m. Auch wendet man den durch Reibung erzeugten elektrischen Funken mit bestem Erfolg zur Sprengung von Minen an.

Bemerkenswerth ist dabei ein eigenthümlicher Geruch, der vorzüglich bei starkem Ausströmen der Elektricität aus Spitzen auftritt, und von einem besonderen gasförmigen Körper, Ozon genannt, herrührt, der unter diesen Umständen sich bildet und im chemischen Theile näher beschrieben wird.

224 **Elektrisirung durch Vertheilung.** Wenn schon aus dem Vorhergehenden eine ins Auge fallende Verwandtschaft in den Erscheinungen des Magnetismus und der Elektricität sich erkennen läßt, so wird diese durch die nachfolgenden Versuche noch mehr hervortreten. In Fig. 228 erblicken wir

Fig. 228.



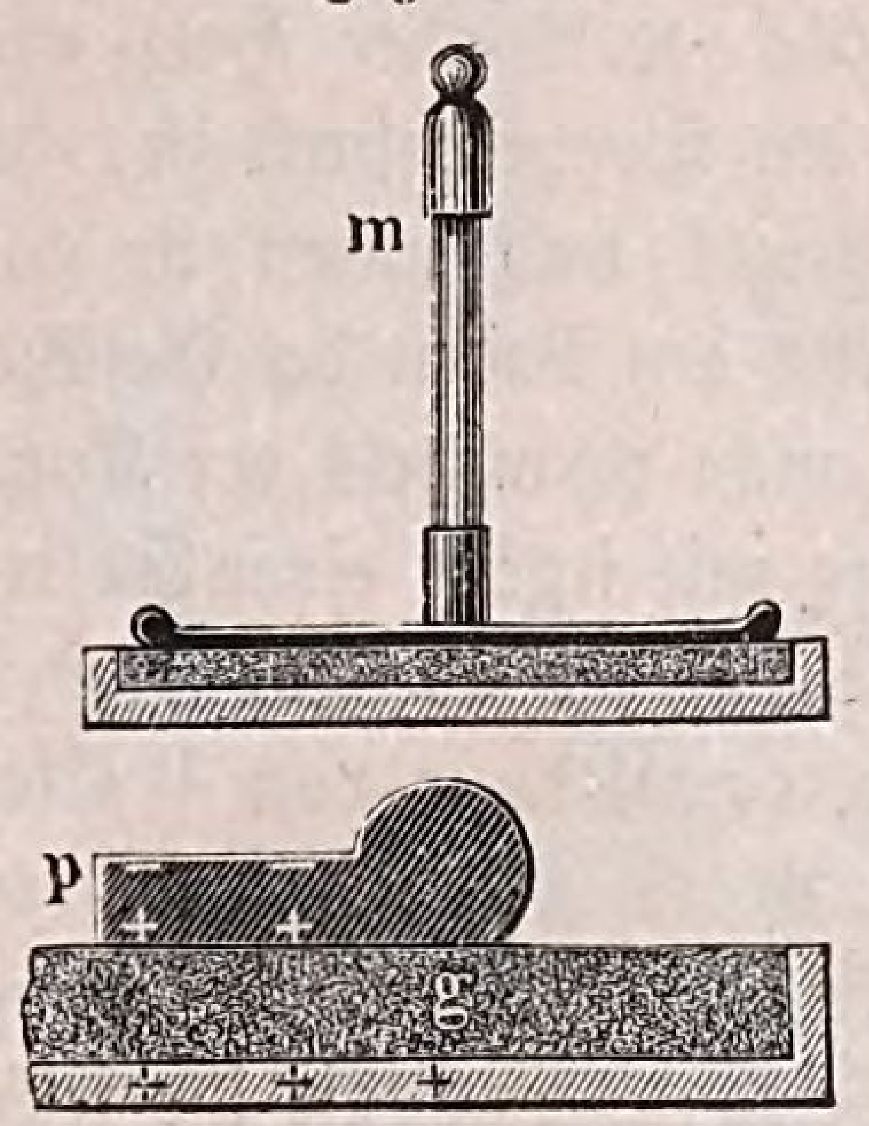
einen Cylinder *ab* von polirtem Messing, an beiden Enden in Halbkugeln abgerundet. Derselbe steht auf einem Fuße von Glas und ist folglich isolirt. An seinen beiden Enden hängen an dünnen Metallfäden je zwei Korkkügelchen. Ich nähere dem ersten Paare die durch Reiben — elektrisch gemachte Harzstange *r*. Man sieht leicht ein, daß die — Elektricität des Harzes die + Elektricität des Metalls anzieht und dessen — Elektricität abstößt, und dadurch die in demsel-

den vereinigt gewesenen Elektricitäten in der Art vertheilt werden, daß bei *b* + Elektricität und bei *a* — Elektricität sich befindet. Sichtbar wird dieses durch die Kügelchen. Die bei *b* erhalten beide + Elektricität, und stoßen sich daher ab, und dasselbe geschieht mit den anderen, die beide — elektrisch geworden sind. Entferne ich das Harz *r* wieder, so hört die Ursache der Vertheilung auf, und beide im Metall getrennte Elektricitäten vereinigen sich wieder, was man aus dem Zusammenfallen der Kügelchen wahrnimmt.

Berühre ich, während die Harzstange *r* noch in der Nähe von *b* sich befindet, das Metall bei *a* mit dem Finger, so wird die dort befindliche — Elektricität durch meinen Körper abgeleitet, während die am andern Ende angesammelte + Elektricität durch das — elektrische Harz gebunden bleibt. Entferne ich nun zuerst den Finger und dann das Harz, so ist jetzt das ganze Metall mit + Elektricität geladen, was die Kügelchen durch gegenseitiges Abstoßen anzeigen.

Hätte ich anstatt des Harzes geriebenes Glas genommen, so würden genau dieselben Erscheinungen stattgefunden haben, nur müßten in der gegebenen Beschreibung alle + und alle — Zeichen in die entgegengesetzten verwandelt werden.

Fig. 229.



Wir besitzen daher in der Vertheilung der Elektricität ein Mittel, irgend einen isolirten Körper beliebig mit + Elektricität oder — Elektricität zu laden.

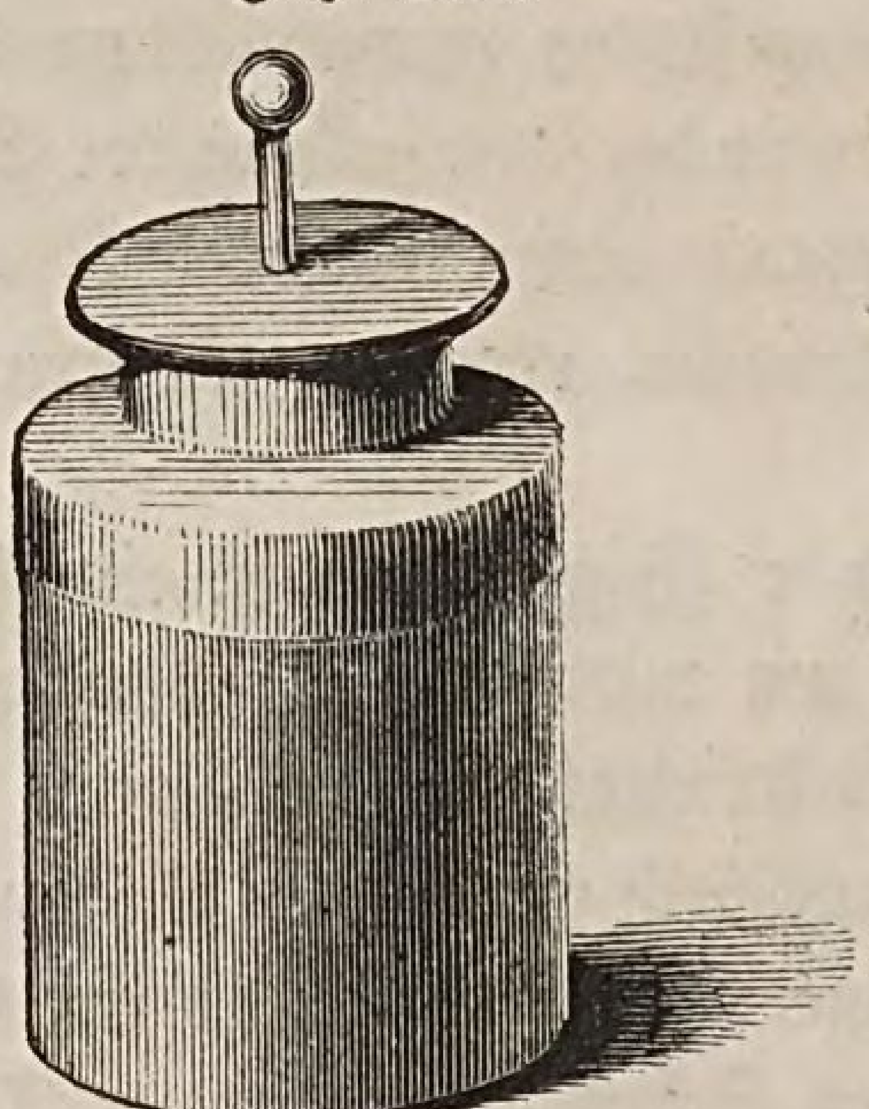
Das Elektrophor (Fig. 229) ist eine sehr einfache Vorrichtung, um mittels Vertheilung eine reiche Quelle von Elektricität darzustellen. In einen Teller von Weißblech von etwa 1′ Durchmesser und einem Finger breit Höhe wird ein Gemisch von zwei Theilen Schellack mit einem Theil Terpentin gegossen, so daß die Masse nach dem Erkalten einen möglichst glatten Kuchen bildet. Derselbe wird durch Reiben mit einem Katzenfelle elektrisch gemacht, und dann der sogenannte Deckel aufgesetzt. Letzterer besteht aus einer Blechscheibe und hat in der Mitte einen Griff von Glas *m*. Betrachten wir nun die Wirkung des Elektrophors, indem *p* ein Stück des Deckels und *g* ein solches des Kuchens vorstellt. Durch das Reiben wird die Elektricität des Kuchens vertheilt, so daß auf seiner obern Fläche — Elektricität, auf der untern + Elektricität angesammelt ist. In dem aufgesetzten Deckel entsteht aber gleichfalls eine Vertheilung, denn offenbar wird seine + Elektricität durch die — Elektricität des Kuchens gebunden. Berühre ich daher den aufliegenden Deckel mit dem Finger, so wird dessen freie — Elektricität durch meinen Körper abgeleitet. Entferne ich hierauf den Finger, und hebe jetzt den Deckel an seinem isolirenden Griff auf, so erscheint er mit freier + Elektricität geladen. Ich kann mich desselben jetzt zu allen Versuchen bedienen, zu welchen wir seither geriebenes Glas oder Harz benutzten. Ist dieser Apparat nur einigermaßen entsprechend eingerichtet, so erhält man aus dem geladenen Deckel einen lebhaften Funken, wenn man ihm den Knöchel des Fingers nähert.

Ist dadurch dem Deckel seine Elektricität entzogen worden, so kann er durch Wiederholung des obigen Verfahrens aufs Neue geladen werden. Als besonders merkwürdig ist anzuführen, daß man selbst nach Wochen und Monaten beim Aufheben des Deckels noch Funken aus demselben erhalten kann. Anstatt des Harzkuchens läßt sich auch eine Kautschukscheibe benutzen, die auf einem mit Stanniol überzogenen Brett liegt.

In neuester Zeit hat man die vertheilende Wirkung eines einmal geladenen Körpers benutzt zur Herstellung von Apparaten, welche eine gleichsam unerschöpfliche Quelle von Elektricität liefern. Dieselben werden Influenz-Elektrisirmaschinen genannt und besitzen große Vorzüge, da sie geringen Raum einnehmen und bei leichter Mühe einen ununterbrochenen lebhaften Funkenstrom liefern.

226 Die Leydener oder Kleist'sche Flasche ist Fig. 230 abgebildet. Dieselbe ist ein gewöhnliches Einmach- oder Zuckerglas, das inwendig und auswendig bis zu drei Viertel seiner Höhe mit Stanniol überklebt ist. Die Oeffnung ist durch ein Stück Kork oder Holz verschlossen, durch welches ein Draht gesteckt ist, der oben in eine Messingkugel und unten in eine Kette endigt, die jedenfalls den Boden des Gefäßes berühren muß. Bringt man vermittels der Kugel die innere Metallbelegung mit irgend einer Elektricitätsquelle (z. B. dem Deckel des Elektrophors) in Berührung, so erhält sie eine Ladung von + Elektricität. Diese wirkt durch das Glas hindurch vertheilend auf die Elektricität der äußern Belegung, indem sie eine entsprechende Menge — Elektricität bindet, und die ihr selbst gleichnamige + Elektricität der äußern Belegung abstößt, die nun, durch den leitenden Gegenstand, auf welchem die Flasche steht, nach der Erde geleitet, auf deren großer Oberfläche sich vertheilt und vollkommen verschwindet.

Fig. 230.

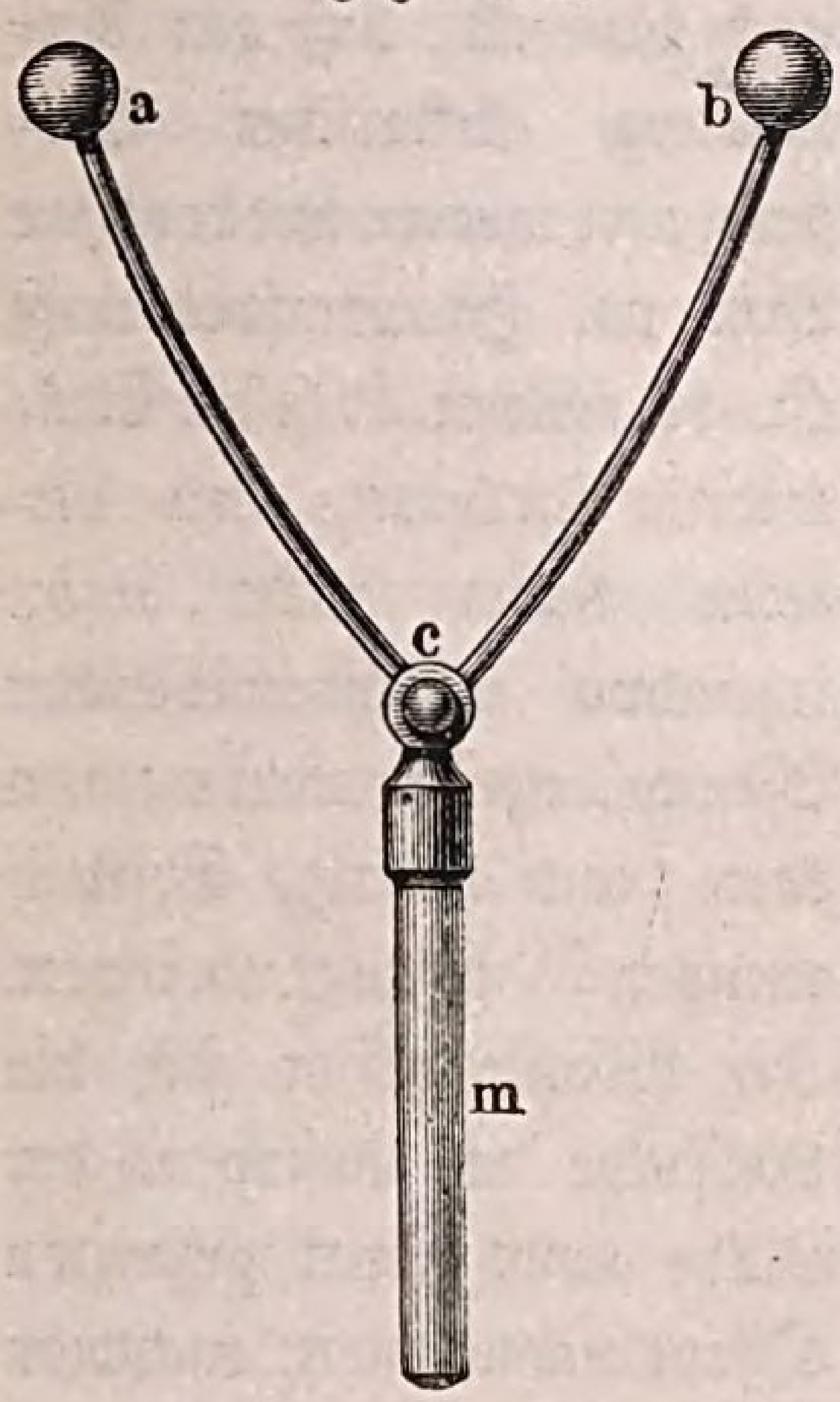


Das Ergebniß ist also: auf der innern und äußern Belegung befinden sich entgegengesetzte Elektricitäten, die durch das zwischen beiden befindliche Glas an ihrer Vereinigung gehindert werden. In dem Augenblicke jedoch, wo wir die beiden Belegungen durch einen leitenden Körper in Verbindung bringen, vereinigen sich ihre Elektricitäten. Geschieht dieses, indem man mit der einen Hand die äußere Belegung und mit der andern die Kugel berührt, so nehmen die Elektricitäten ihren Weg durch den Körper, und man empfindet dabei eine eigenthümliche Erschütterung, namentlich in den Gelenken, welche man den elektrischen Schlag nennt. Seine Stärke ist von der Menge der Elektricität abhängig, und 40 bis 50 Funken, die man aus dem Deckel des Elektrophors in die Kugel der Flasche überschlagen läßt, bilden eine Ladung, die schon einen stark fühlbaren Schlag ertheilt. Wenn mehrere Personen, indem sie sich die Hände geben, einen Kreis bilden, und die letzte der einen Seite der Kugel, und die der andern

Seite die äußere Belegung einer geladenen Flasche berührt, so empfinden Alle gleichzeitig einen Schlag von gleicher Stärke. Die Anzahl der Personen ist dabei ganz gleichgültig.

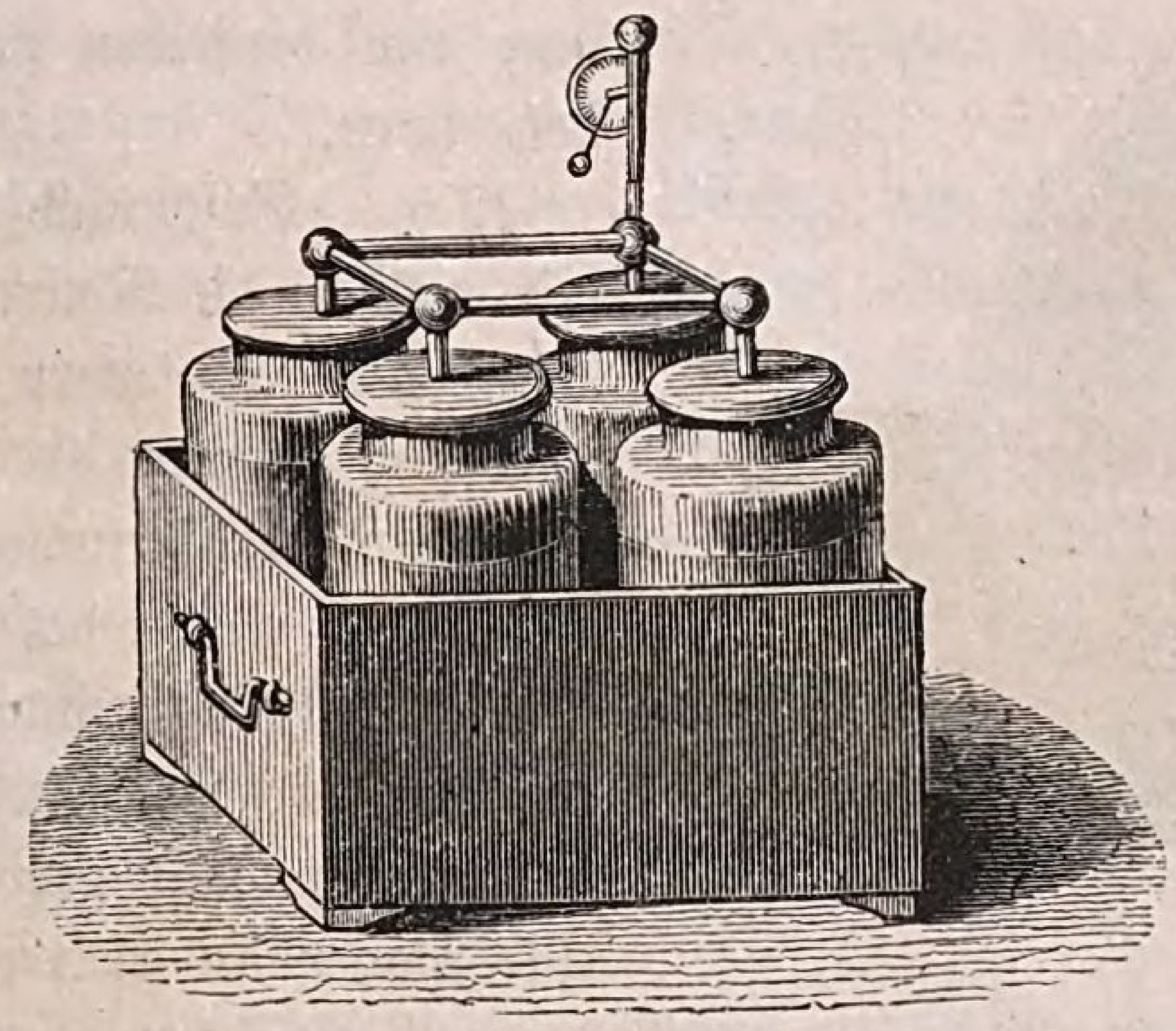
Die Entladung der Flasche kann jedoch auch geschehen, ohne daß man den Schlag selbst empfindet, indem man sich des Ausladers, Fig. 231, bedient, der von Messing und mit dem gläsernen Griff *m* versehen ist. Indem man diesen anfaßt und mit dem Metallknopf *a* die äußere Belegung und mit dem andern Knopf *b* die Kugel der geladenen Flasche berührt, erfolgt die Vereinigung der Elektricität unter Ueberspringen eines lebhaften Funkens.

Fig. 231.



227 Die Verbindung mehrerer Flaschen bildet eine elektrische Batterie, Fig. 232, die, nachdem sie geladen ist, Schläge von furchtbarer Stärke geben kann. Die Funken springen dann schon in der Entfernung von mehreren Zollen und mit heftigem Knalle über. Thiere kann man durch solche Entladungen tödten. Läßt man den Schlag durch einen langen Draht gehen, der an einer Stelle unterbrochen wird, so schlägt an dieser Lücke ein Funke über, vorausgesetzt, daß sie nicht allzu groß war. Dieselbe Erscheinung findet Statt, wenn viele kleine Lücken vorhanden sind, so daß auf diese Weise sehr artige Lichterscheinungen sich hervorbringen lassen.

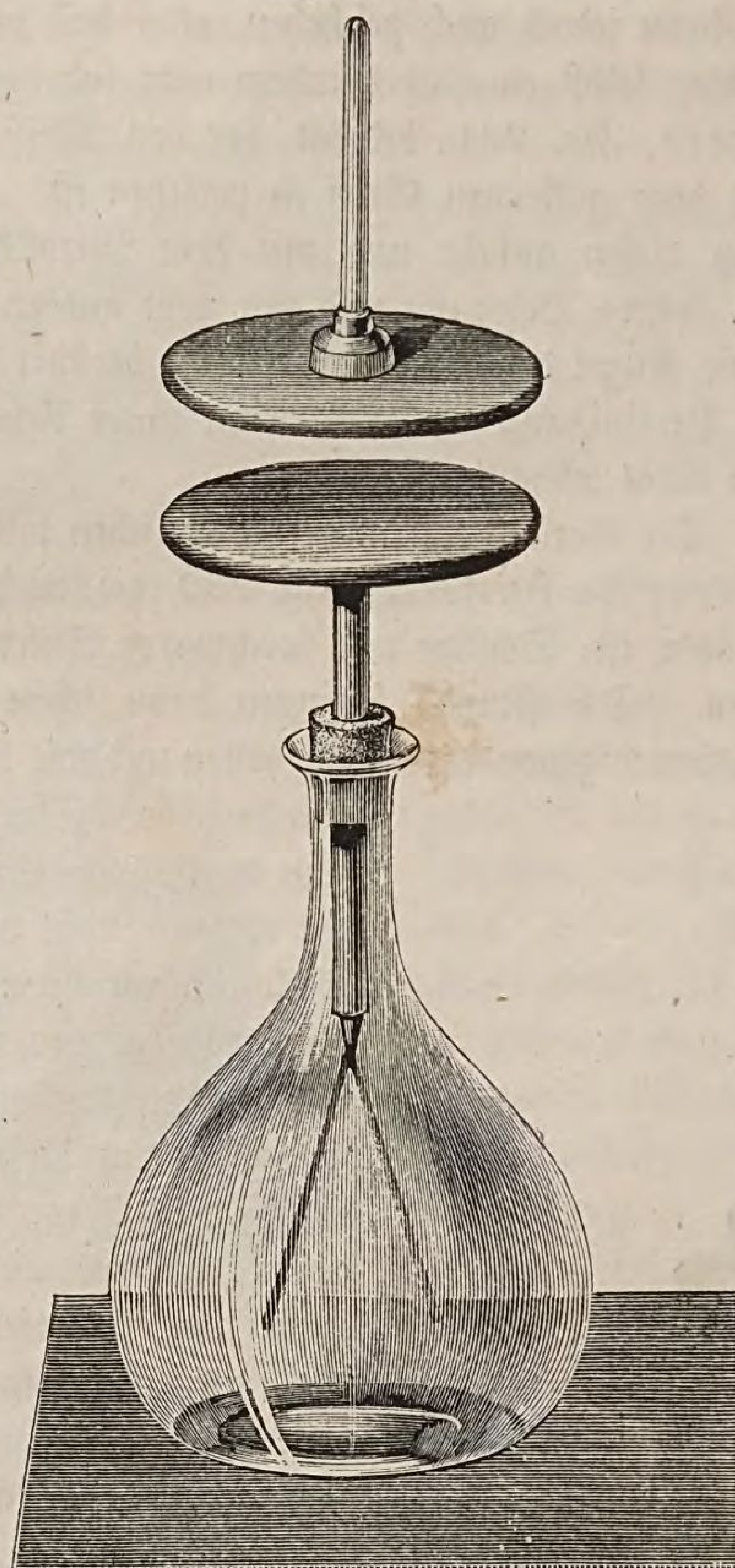
Fig. 232.



228 **Der Condensator.** (Fig. 233 a. f. S.) Die Bindung und Vertheilung der Elektricität, wie sie beim Elektrophor und der Leydener Flasche sich zeigte, gab ein Mittel, um durch das Elektroskop selbst außerordentlich schwache elektrische Ladungen nachzuweisen. Zu diesem Ende wird auf dessen Platte eine zweite Metallplatte mit Glasgriff aufgesetzt. Beide Platten sind mit Firniß überzogen. Bringt man nun die untere Platte z. B. mit einer schwachen — Elektricitätsquelle in dauernde Berührung, während man die obere mit dem Finger berührt, so wird fortwährend die — Elektricität der obern Platte abgeleitet, die + Elektricität dagegen gebunden und auf diese Weise auf der untern Platte allmälig eine größere Menge von — Elektricität aus der Quelle an-

gesammelt. Sobald man nachher die obere Platte abnimmt, vertheilt sich die nun freigewordene — Elektricität über die untere Platte und bewirkt das Auseinandergehen der Goldblättchen.

Fig. 233.



229 Im Allgemeinen werde noch bemerkt, daß zur Anstellung elektrischer Versuche eine warme und trockene Luft ein Haupterforderniß ist, da feuchte Luft die Elektricität fortleitet, und dieselbe daher nicht leicht irgendwo in hinreichender Menge angesammelt werden kann, um kräftige Erscheinungen hervorzubringen. Im Winter lassen sich die Versuche am besten in der Nähe eines stark geheizten Ofens vornehmen, nachdem man die Apparate eine Zeit lang um denselben aufgestellt hatte.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Reibungs-Elektricität in Leitern sich fortbewegt, beträgt 60 000 Meilen in 1 Secunde, ist also größer als die des Lichtes. Die Geschwindigkeit der galvanischen Elektricität ist achtzehn mal geringer. Die Dauer des elektrischen Funkens ist fast unmeßbar kurz; sie wird von verschiedenen Beobachtern zwischen $\frac{1}{1\,152\,000}$ bis $\frac{9}{100\,000}$ tel Secunde angegeben.

Berührungselektricität oder Galvanismus.

230 Im Jahre 1789 hatte Galvani, ein Arzt und Naturforscher zu Bologna, zu anatomischen Zwecken abgezogene Froschschenkel vermittels *kupferner* Häkchen an einem *eisernen* Geländer aufgehängt. Indem der Wind dieselben bewegte, geriethen die Froschschenkel in Zuckungen, so oft als die Schenkelmuskel mit dem

Eisen in Berührung kamen. Diese zufällige Beobachtung, durch Galvani und namentlich durch Volta weiter verfolgt, führte zu einer endlosen Reihe von Thatsachen und eröffnete ein ganz neues und umfangreiches Gebiet der Physik.

Zunächst führten Volta's Untersuchungen zu dem überraschenden Gesetz, daß durch die bloße gegenseitige Berührung zweier verschiedener Metalle Elektricität entwickelt werde. Allein dasselbe erhielt alsbald eine noch weitere Ausdehnung, indem es sich herausstellte, daß bei gegenseitiger Berührung auch anderer Körper freie Elektricität sich zeigt. Am auffallendsten tritt dieses immerhin bei den Metallen sowie bei deren Berührung mit Flüssigkeiten, insbesondere mit den Säuren, hervor.

Elementarversuch. Nimmt man zwei möglichst ebene und glatt 231
polirte Scheiben, die eine von Zink, die andere von Kupfer, jede mit einem isolirenden Stiele versehen, und setzt ihre blanken Flächen auf einander, so ist, nachdem man beide wieder getrennt hat, das Zink mit + Elektricität und das Kupfer mit — Elektricität geladen. Freilich ist die Ladung sehr schwach und kann nur einem sehr empfindlichen Condensator (§. 228) nachgewiesen werden. Die Platten selbst scheinen bei diesem Versuch keine nachweisbare Veränderung zu erleiden.

Aehnlich ist der folgende Versuch: Man klebt von Goldpapier je zwei Bogen mit der Rückseite zusammen und verfährt ebenso mit Silberpapier. Aus beiden schneidet man etwa thalergroße Scheibchen, schichtet sie auf einander, so daß abwechselnd Gold- und Silberpapier folgen, und schiebt die etwas zusammengepreßte Säule in eine Glasröhre. Diese wird an beiden Enden mit Kork verschlossen, durch welchen Drähte gesteckt sind. Man kann auf diese Weise Säulen von 500 bis 2000 Paaren bilden, und findet alsdann, je nachdem man den einen oder andern Draht untersucht, jeden derselben mit entgegengesetzter Elektricität geladen. Dieser Apparat heißt die trockene oder Zambonische Säule, und behält unter günstigen Verhältnissen Jahre lang unausgesetzt seine Wirksamkeit.

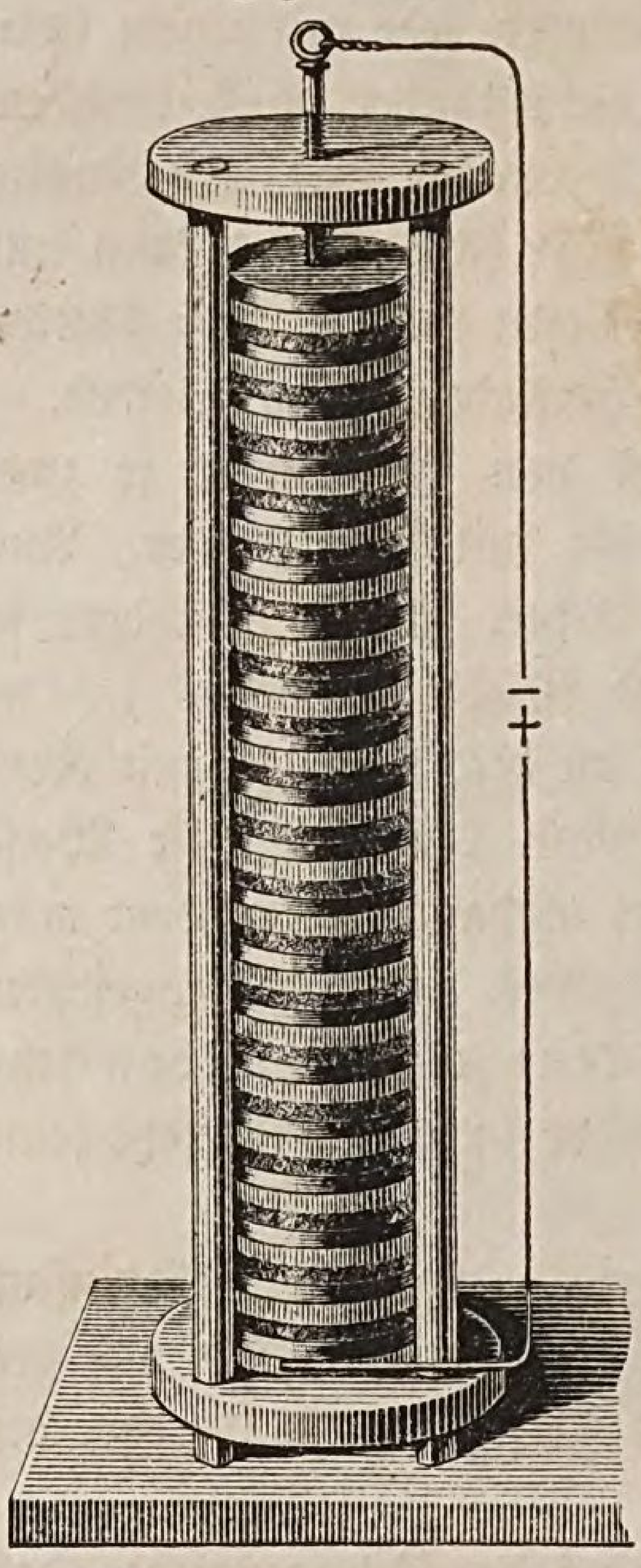
Die beiden genannten Versuche sind fast die einzigen, wo Elektricität einfach durch Berührung hervorgebracht zu werden scheint. In den meisten übrigen Fällen wirkt außer der Berührung noch die chemische Zersetzung als Erreger der Elektricität augenfällig mit.

Volta und die ihm nachfolgenden Physiker waren der Ueberzeugung, daß die Elektricität durch die bloße Berührung zweier Metalle hervorgebracht werde und daß ihre Berührungsstelle der Sitz der elektromotorischen Kraft sei, welche gewissermaßen bis ins Unendliche Elektricität aus Nichts hervorrufe. Neuere Physiker halten dagegen die chemische Verwandtschaft und die ihr folgende chemische Zersetzung für die Grundursache der galvanischen Elektricität, eine Ansicht, die nach langwierigen und lebhaften Kämpfen nunmehr die herrschende geworden ist. Es wird hiernach besonders der Einwirkung von Flüssigkeiten, des Wassers und der Säuren eine wesentliche Rolle zugetheilt, indem durch Berührung eines Metalles mit Wasser zunächst eine elektrische Spannung in den Atomen dieser Körper eintritt, welche mit dem Hinzukommen eines andern Metalles den

elektrischen Strom zur Folge hat. Hiervon ausgehend wird angenommen, daß selbst bei dem oben beschriebenen Elementarversuch durch das Vorhandensein von Wasserdampf und Luft eine hinreichende chemische Einwirkung stattfinde, um schwache elektrische Erscheinungen hervorzurufen.

232 **Die Volta'sche Säule oder Galvani'sche Kette** sehen wir in Fig. 234. Sie ruht in einem Gestelle, dessen unterer und oberer Theil aus Holz besteht. Beide sind durch drei Glasstäbe mit einander verbunden. Zu unterst legt man eine Glasplatte, worauf eine Kupferscheibe und auf diese eine Scheibe von Zink folgt. In der Regel löthet man die Kupferscheibe mit ihrer ganzen Fläche auf eine Zinkscheibe, was das Geschäft des Aufbauens sehr erleichtert. Nach dem Zink kommt eine Scheibe von Pappe, Wollenzeug oder Filz, die vorher in Wasser eingeweicht und wieder ausgedrückt worden war. Genau in derselben Reihenfolge fährt man im Aufbau der Säule fort, so daß man wohl 20 bis 40 Paare schichten kann, und das Ganze durch eine Zinkscheibe geschlossen ist.

Fig. 234.



Das Zinkende der Säule wird der positive Pol, das Kupferende wird der negative Pol genannt. An diesen findet man nämlich die durch Berührung der Plattenpaare erregten entgegengesetzten Elektricitäten angesammelt, während an den mittleren Paaren keine freie Elektricität sich zeigt. Löthet man, wie in Fig. 234, an die Endplatten Metalldrähte, so bilden deren Enden die Pole der Säule.

Wenn die beiden Drähte, welche die Pole der Säule bilden, sich berühren, so bezeichnet man dieses durch den Ausdruck: die Säule oder Kette ist geschlossen. Man nimmt alsdann äußerlich keine Anzeichen elektrischer Erregung wahr. Allein nichtsdestoweniger findet dieselbe im Innern der Kette Statt. Die an den Polen gesammelten entgegengesetzten Elektricitäten heben sich bei ihrer Begegnung wechselseitig auf, und es müßte, wie bei der entladenen Leydener Flasche, jede Spur von Elektricität verschwinden, wenn dieselbe nicht fortwährend in jedem Plattenpaare aufs Neue erzeugt würde. In der geschlossenen Kette kreist daher beständig ein elektrischer Strom. In der That, unterbricht man den Schließungsdraht an einer beliebigen Stelle, wie dies in Fig. 234 angedeutet ist, so sieht man einen beständigen Funken zwischen beiden Drähten. Dasselbe nimmt man wahr, wenn der Draht an mehreren Stellen unterbrochen ist, vorausgesetzt, daß die zwischen den Drähten befindlichen Lücken nur von unbedeutender Größe sind.

Wenn man Metalle in Säuren oder Salzlösungen taucht, so werden die Metalle — elektrisch, die Flüssigkeiten + elektrisch. Wird z. B. ein Zinkstab in ein Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure gestellt, so ist sein frei hervorragendes Ende mit — Elektricität geladen; die Säure mit + Elektricität. Stellt man neben den Zinkstab einen denselben nicht berührenden Kupferstreifen, Fig. 235, so wird dieser zwar auch negativ elektrisch, allein die stärkere + Elektricität der Flüssigkeit hebt nicht nur die — Elektricität des Kupfers auf, sondern sie verbreitet sich auf demselben, so daß das Kupferende + elektrisch geladen erscheint. Verbindet man jetzt das Kupfer durch einen Draht mit dem Zink, Fig. 236, so geht die + Elektricität auf letzteres über und ver- 233

Fig. 235.

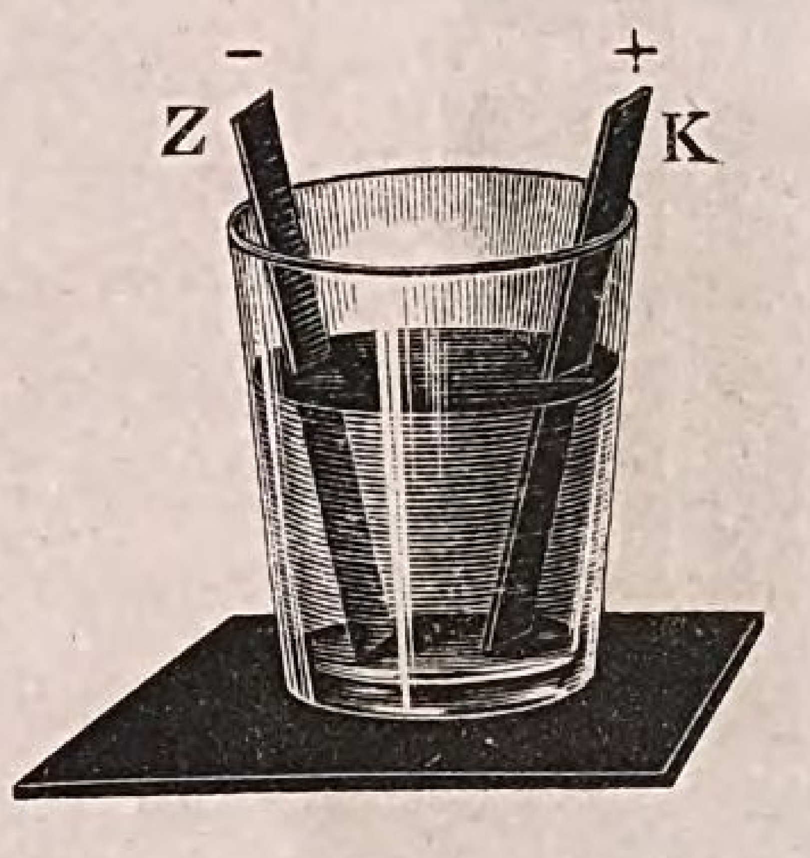
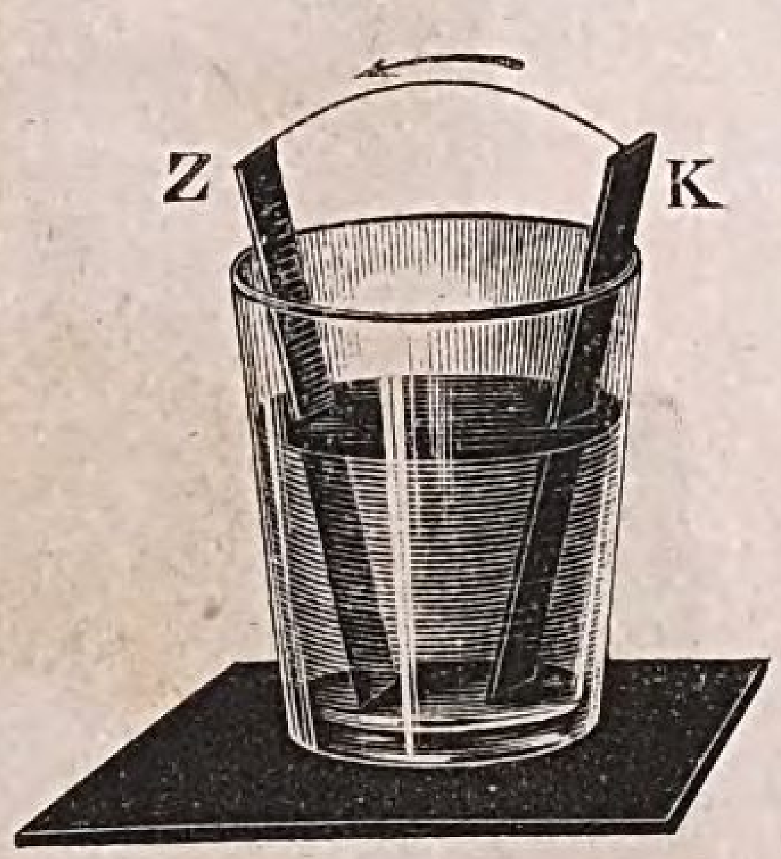


Fig. 236.



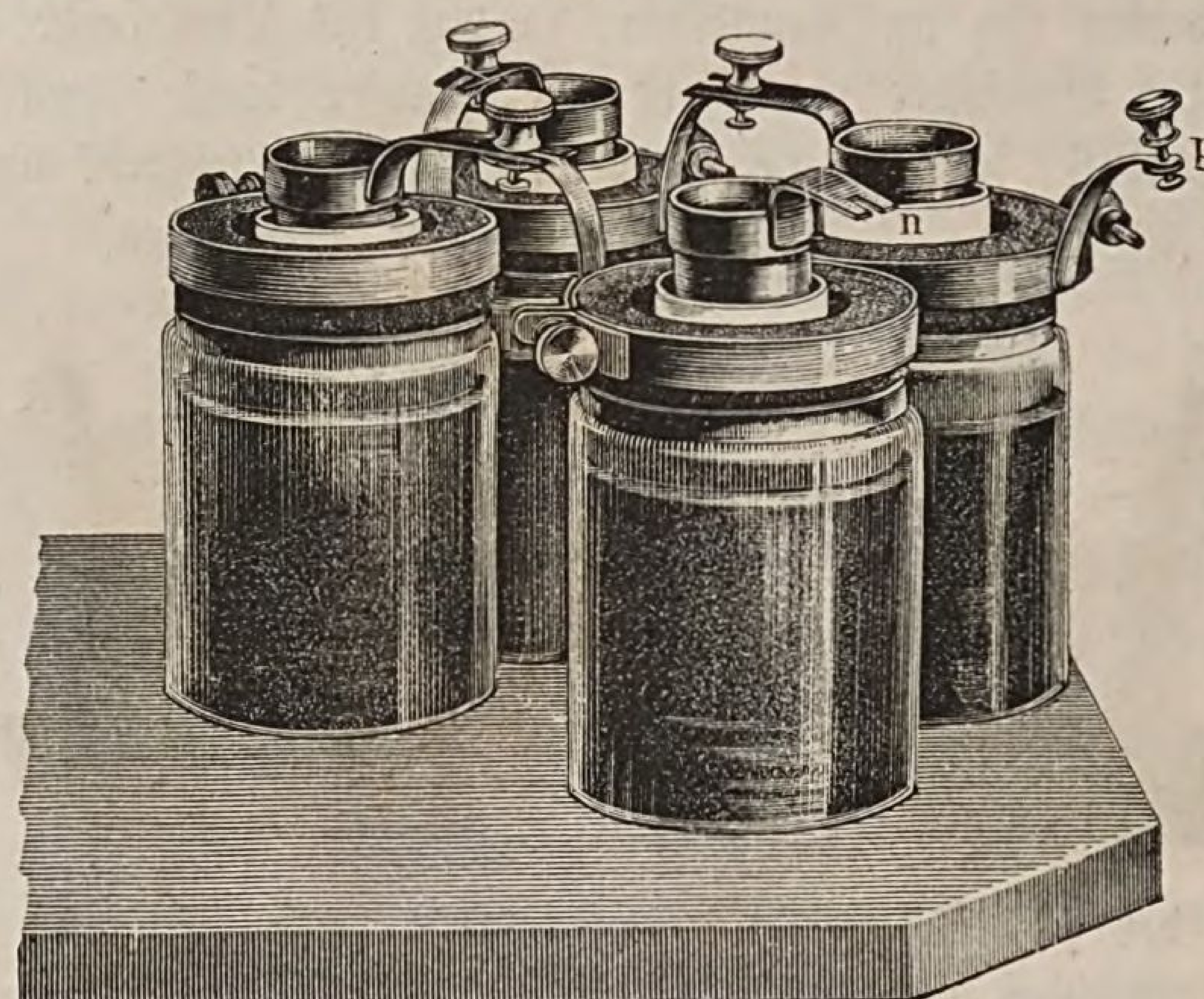
einigt sich mit der — Elektricität des Zinkes. Jede elektrische Erscheinung müßte alsdann aufhören, wenn nicht einerseits durch die gegenseitige Berührung der Metalle, andererseits derselben mit der Säure fortwährend neue Elektricitätsmengen erzeugt würden. In Folge dessen entsteht in dieser Vorrichtung, welche die einfache geschlossene galvanische Kette genannt wird, ein fortwährender elektrischer Strom, der innerhalb der Flüssigkeit vom Zink zum Kupfer, außerhalb vom Kupfer zum Zink sich bewegt.

Indem man nun eine größere Anzahl solcher Plattenpaare entweder in ein gemeinschaftliches Behälter (Trogapparat), oder in gesonderte Behälter (Becherapparat) stellte und die Kupferplatte je eines Paares mit der Zinkplatte je eines folgenden außerhalb in leitende metallische Verbindung brachte, wurde die Stärke des Stromes vervielfacht und auf diese Weise galvanische Ketten von der erstaunlichsten Wirksamkeit erhalten.

Die constanten Ketten. Bei den im Vorhergehenden beschriebenen elektrischen Ketten ist die Wirksamkeit am größten in dem Augenblicke, wo die Metallplatten in die Flüssigkeit getaucht werden. Dieselbe nimmt jedoch sehr rasch ab, hauptsächlich wegen der chemischen Veränderung, welche die Platten und die Säuren erleiden. Dieser Mißstand führte zur Errichtung der sogenannten constanten, d. i. beständigen Ketten, welche einen für längere Zeit anhaltenden Strom von gleichbleibender Stärke geben. Ihre Einrichtung beruht darauf, daß jeder der angewendeten Elektricitätserreger in eine besondere Flüssigkeit getaucht wird. Als Erreger verwendet man meist entweder Zink und Platin, oder Zink und Kohle, welche letztere nicht nur ein guter Leiter, 234

sondern auch starker Erreger ist. In Fig. 237 sehen wir eine sogenannte Kohlenzinkbatterie, welche aus vier unter sich verbundenen Elementen besteht. Ein offener Cylinder von Zink steht in einem geschlossenen Cylinder von porös gebranntem Thon, sogenannte Thonzelle, der verdünnte Schwefelsäure enthält. Beides ist umgeben von einem weitern Cylinder, der aus Kohle verfertigt und in ein Glasgefäß gestellt ist, welches concentrirte Salpetersäure

Fig. 237.



enthält. Die metallische Verbindung der Erreger geschieht durch Kupferstreifen, die um den Rand der Kohle gelegt sind, und durch Klemmschrauben, welche die Kohle je eines Elementes mit dem Zink des andern verbinden.

Die constanten Ketten sind wichtig wegen ihrer Anwendung in der Technik, insbesondere bei der Galvanoplastik und Telegraphie.

235 **Die Wirkungen des elektrischen Stromes** gewähren das höchste Interesse und äußern sich 1) in Wärme- und Lichterscheinungen, 2) in Erregung der Muskeln und Nerven, 3) in chemischen Zersetzungen, 4) in der Hervorrufung von Magnetismus und 5) von Elektricität.

Bringt man zwischen die beiden Schließungsdrähte einen dünnen Draht von irgend einem Metall, wodurch der Strom genöthigt ist, seinen Weg durch denselben zu nehmen, so wird der Draht heiß, rothglühend, ja selbst weißglühend. Eisendraht verbrennt geradezu, während Draht aus dem höchst schwer schmelzbaren Platin in Kügelchen zusammenschmilzt. Die Lebhaftigkeit dieser Erscheinungen hängt von der Stärke der Kette ab. Man hat Beispiele, daß ein 20 Zoll langer Platindraht durch den elektrischen Strom glühend erhalten wurde. Man benutzt diese Wirkung zum Sprengen von Minen auf sehr weite Entfernungen. Befestigt man zwei zugespitzte Kohlenstückchen an den Schließungsdrähten und nähert ihre Spitzen einander bis in sehr geringe Entfernung, so ist der Uebergang der Elektricität von einem blendend weißen, dem Sonnenlicht gleichen Lichte begleitet.

Die physiologischen Wirkungen des elektrischen Stroms offenbaren sich in folgender Weise. Eine Kette sei durch Berührung der Drähte geschlossen. Ich nehme jetzt in jede Hand einen derselben und hebe ihre Berührung auf. In demselben Augenblicke empfinde ich eine eigenthümliche Erschütterung der Hand- und Armgelenke, die von leichtem Zucken bis zu schmerzhaften Stößen gesteigert werden kann. Dieselbe wiederholt sich, wenn ich die getrennten Drähte wieder vereinige. Die Nervenerschütterung findet also beim Ein- und Austritt des Stromes in und aus dem Körper Statt, denn es ist klar, daß er durch diesen seinen Weg nimmt, sobald der Körper zwischen die Pole der Säule eingeschaltet wird. Durch eine besondere Vorrichtung kann man die Schließung der Kette beständig in der Art unterbrechen und wieder herstellen, daß der Strom abwechselnd durch den Körper und durch den Draht geht, wodurch ersterer eine Reihe von Erschütterungen erhält, die man namentlich in medicinischer Hinsicht für wichtig hält, und zur Heilung der Krankheiten angewendet hat, deren Ursache in gelähmter oder gestörter Nerventhätigkeit beruht, wie dies bei Lähmungen, Taubheit u. a. m. der Fall sein kann. Die Erfolge sind jedoch im Ganzen hinter den Erwartungen zurückgeblieben, die man sich von dieser Heilungsmethode versprochen hat.

Die chemischen Wirkungen, welche der elektrische Strom äußert, können erst klar werden, wenn wir die chemischen Erscheinungen betrachtet haben. Für jetzt genüge die Andeutung, daß der Strom das Bestreben hat, jede chemische Verbindung, durch welche er geleitet wird, in ihre Bestandtheile zu zersetzen.

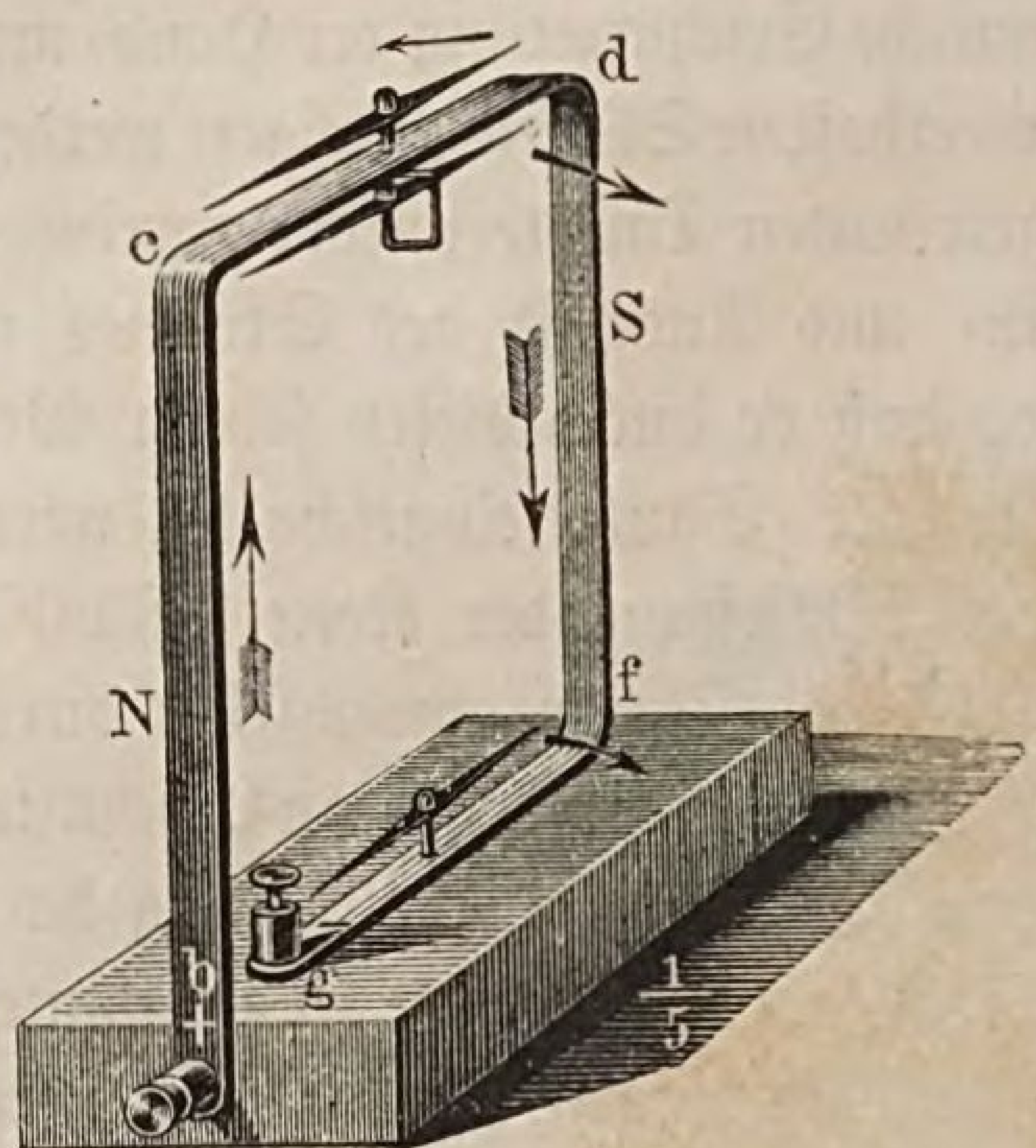
Die Beziehungen des elektrischen Stroms zum Magnetismus, sowie zu dem sogenannten inducirten Strom, erfordern jedoch eine ausführlichere Darstellung.

Elektromagnetismus. Im Jahre 1820 machte Oersted in 236
Kopenhagen die Beobachtung, daß eine frei aufgehängte Magnetnadel von ihrer Richtung abgelenkt wurde, sobald man sie dem Schließungsdraht einer Säule näherte, durch welchen ein elektrischer Strom circulirte. Mit dieser Entdeckung begann sofort eine neue Epoche der Elektricitätslehre, deren Hauptmerkmal die Nachweisung und Verfolgung des innigen Zusammenhangs ist, in welchem zwei so räthselhafte, in ihrem Grundwesen noch so unerklärte Naturkräfte, wie Elektricität und Magnetismus, zu einander stehen. Es erscheinen uns diese Untersuchungen um so interessanter, als aus ihnen Entdeckungen hervorgegangen sind, die dem Menschen gleichsam neue oder verschärfte Sinne verliehen haben und ihm durch die elektrische Telegraphie eine Art von Allgegenwart auf der Erdoberfläche verschafften.

Zur Anstellung des Oersted'schen Versuchs genügt es schon, wie in 237
Fig. 238 (a. f. S.), innerhalb eines kupfernen Bügels, durch welchen der Strom geht, eine Magnetnadel aufzustellen. Aus dieser einfachen Vorrichtung ist jedoch einerseits die Tangentenbussole hervorgegangen, bei welcher die Größe der Ablenkung die Stärke des Stroms anzeigt, indem letztere der Tangente des Ablenkungswinkels proportional ist. Andererseits führte die Beobachtung, daß auch schwache Ströme eine Ablenkung bewirken, wenn sie vermittels eines

Drahtes recht vielmal um die Nadel herumgeführt werden, zur Erfindung des **Multiplicators**, durch welchen in der That die leisesten Spuren elektrischer Strömung angezeigt werden.

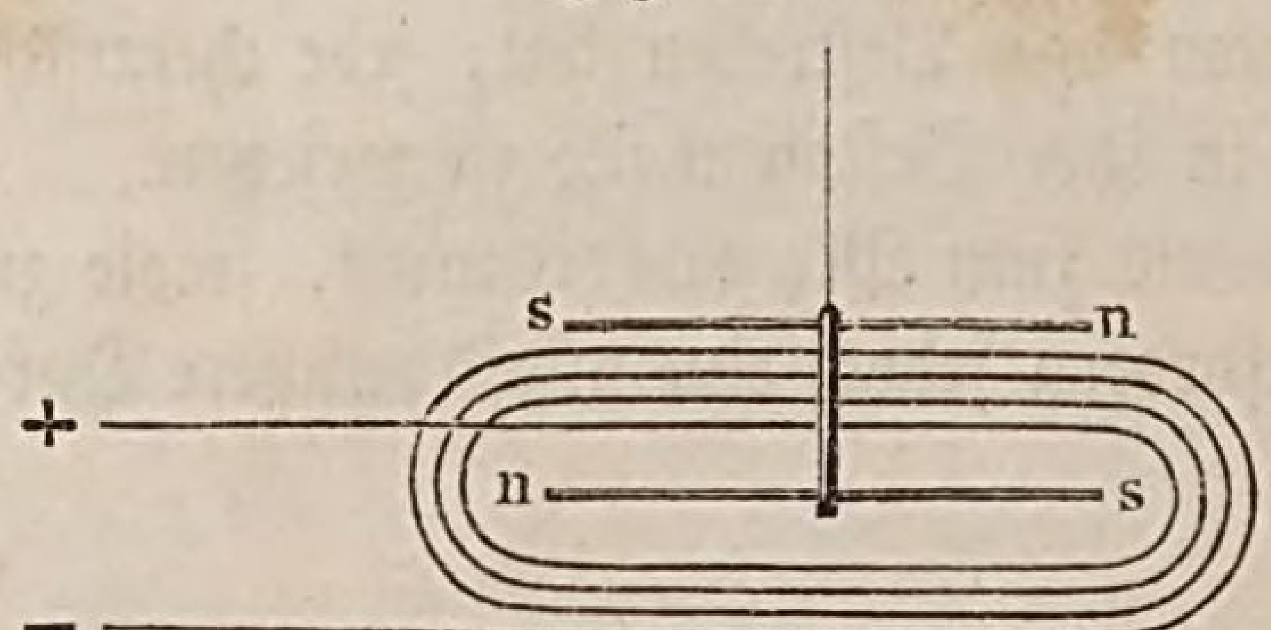
Fig. 238.



Die Ablenkung der Nadel ist jedoch, wie die Pfeile anzeigen, nicht dieselbe, wenn sie über oder unter dem Strom sich befindet. Es gilt hierfür die folgende Regel: Man denke seinen eignen Körper so in den leitenden Metallstreifen eingeschaltet, daß der positive Strom an den Füßen ein- und am Kopfe austritt und das Gesicht der Nadel zugekehrt ist — dann wird der Nordpol der Nadel (das Nordende) stets links abgelenkt.

238 Um dem **Multiplicator**, oder **Galvanometer**, den höchsten Grad von Empfindlichkeit zu verleihen, wird bei demselben nicht eine gewöhnliche Magnetnadel, sondern ein sogenanntes **astatisches Nadelpaar** (*sn* und *ns*, Fig. 239) verwendet. Man wählt hierzu Nadeln von möglichst gleicher Stärke, die so mit einander verbunden werden, daß der Nordpol der einen *n* nach derselben Seite gerichtet ist, wie der Südpol der andern *s*. Besäßen beide Nadeln vollkommen gleiche Stärke, so würde ihre richtende Kraft bei dieser Anordnung sich gegenseitig aufheben und gleich Null sein. Da dies jedoch niemals der Fall ist, so bleibt ein kleiner Ueberschuß, mit welchem der Erdmagnetismus jede einzelne Nadel zu richten strebt.

Fig. 239.



Wie unsere Figur zeigt, gehen die stromleitenden Drahtwindungen so um das Nadelpaar, daß die eine Nadel innerhalb der Windungen, die andere über denselben schwebt. Befänden sich beide innerhalb, so würden sie beim Durchgang eines Stroms in entgegengesetzter Richtung abgelenkt, also die Wirkung des Stroms aufgehoben werden. Bei der angegebenen Einrichtung findet die Ablenkung in gleichem Sinn statt und daher um so merklicher.

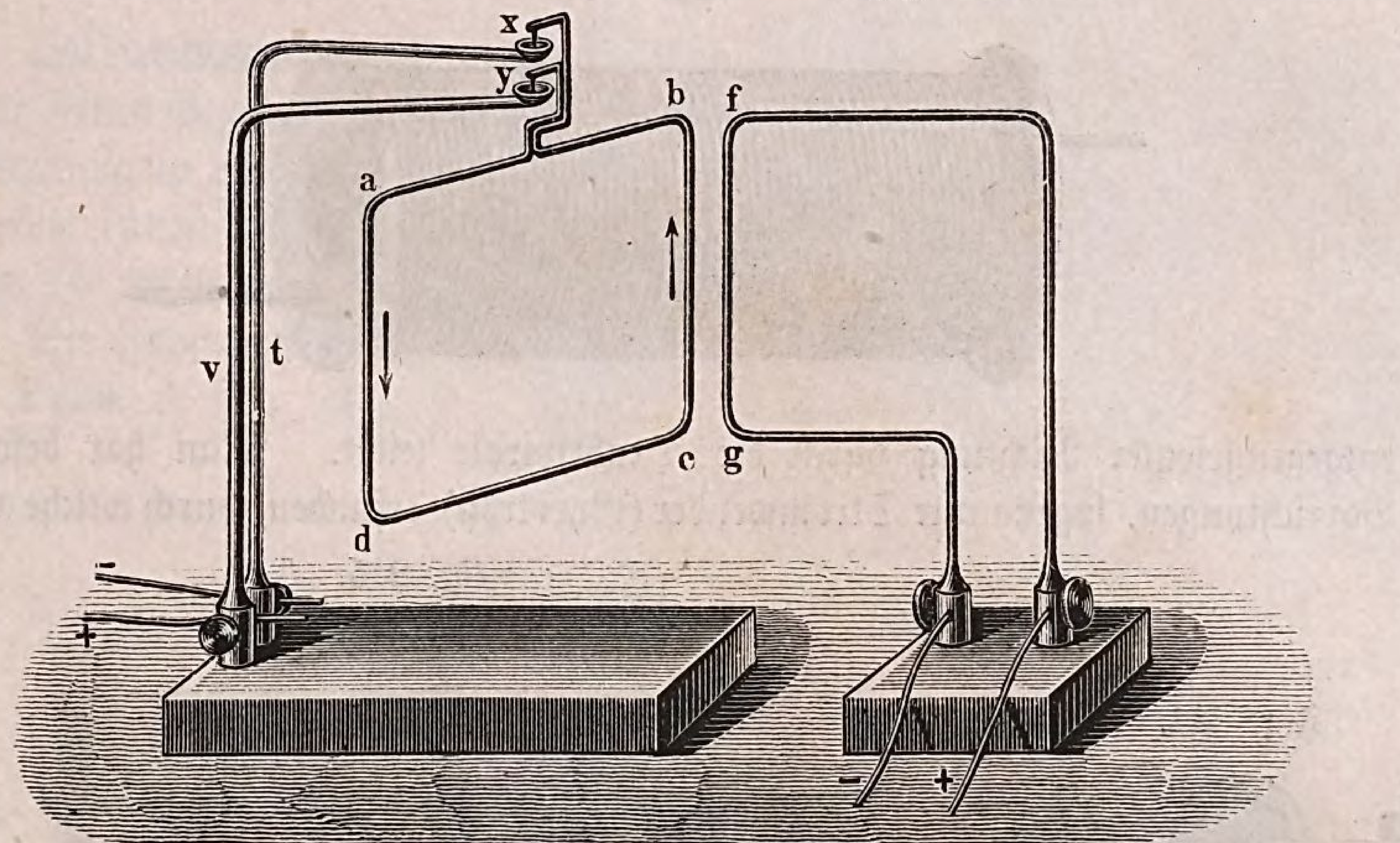
Das Nadelpaar wird an einem Bügel aufgehängt und die obere Nadel bewegt sich über einer Scheibe mit Kreistheilung, auf welcher die Ablenkung abgelesen werden kann. Zur Vermeidung äußerer Störung befindet sich die ganze Vorrichtung unter einer Glasglocke.

In Fig. 246 sehen wir den Multiplicator *M* mit einem elektrischen Strom in Verbindung gebracht.

239 Auf eine sinnreiche Weise hat man **bewegliche Ströme** herzustellen gewußt, indem man, wie Fig. 240 und 241 zeigen, einen gebogenen Draht in feine Spitzen endigen ließ, die in kleine Näpfchen *xy* tauchen, welche zur leitenden

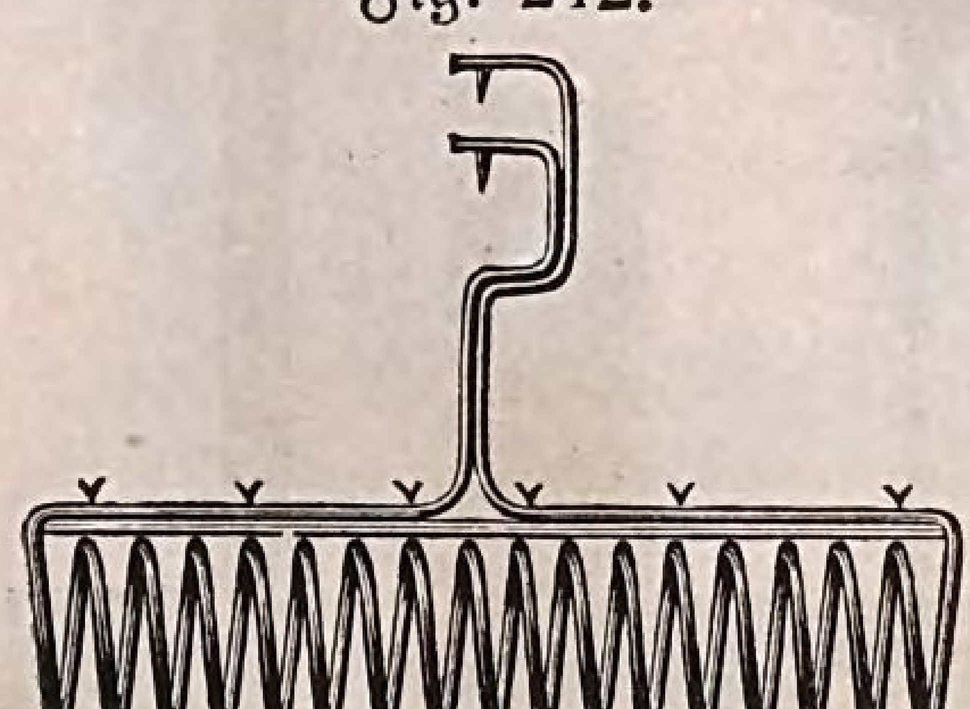
Verbindung Quecksilber enthalten. Da wir im vorigen Paragraphen gezeigt haben, daß der elektrische Strom Einfluß auf die Stellung einer beweglichen

Fig. 240. Fig. 241.



Magnetnadel äußert, so liegt es nahe, daß ein Magnet ebenfalls die Richtung eines beweglichen Stroms bedingen wird. In der That ist dieses der Fall und die Erde selbst, als größter Magnet, äußert ihren Einfluß in der Weise, daß die Ebene eines einfachen stromleitenden Drahtes sich rechtwinkelig auf die Richtung des magnetischen Meridians stellt. Wird jedoch der Draht in eine lange Spirale, Fig. 242, gewunden und aufgehängt, so stellt sich derselbe beim Durchgang der Elektricität in die Richtung der Magnetnadel.

Fig. 242.

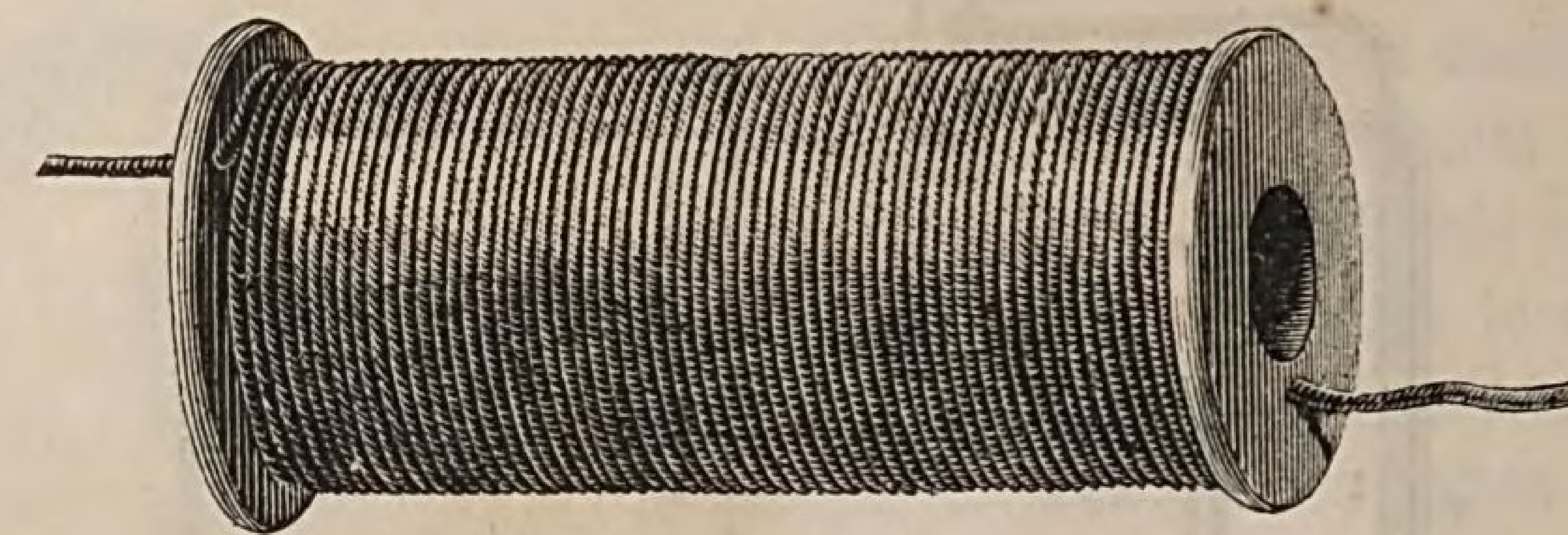


Werden zwei elektrische Ströme einander genähert, wie dieses in der Aufstellung von Fig. 240 und 241 sich ausgeführt zeigt, so ergiebt sich eine gegenseitige Anziehung, wenn die Ströme zu einander parallel sind; im andern Falle stoßen sie sich ab.

Wenn ein Cylinder von Eisen oder Stahl mit einer Spirale von Kupfer- 240
draht umwunden und durch diese ein elektrischer Strom geleitet wird, so erhält der Cylinder magnetische Eigenschaften. Am zweckmäßigsten ist es, wenn 800 bis 1000 Windungen des mit Seide übersponnenen Drahtes um eine hölzerne Spirale, Fig. 243 (a. f. S.), gehen, in deren Höhlung der zu magnetisirende Cylinder eingeschoben wird. Stahl wird in diesem Falle dauernd magnetisch; das Eisen, treu seiner in §. 216 beschriebenen Natur, ist nur so lange ein Magnet, als der Strom die Spirale durchläuft. Unterbricht man diesen, so hört die Anziehungskraft des Eisens sogleich auf. Man kann auf diese Weise Elektromagnete von sehr großer Tragkraft (Fig. 244) herstellen.

Die Pole eines Elektromagneten werden umgekehrt, d. h. der Nordpol in den Südpol verwandelt, in dem Augenblicke, wo man den elektrischen Strom in

Fig. 243.



entgegengesetzter Richtung durch die Drahtspirale leitet. Man hat besondere Vorrichtungen, sogenannte Stromwender (Gyrotrop) erfunden, durch welche außer-

Fig. 244.

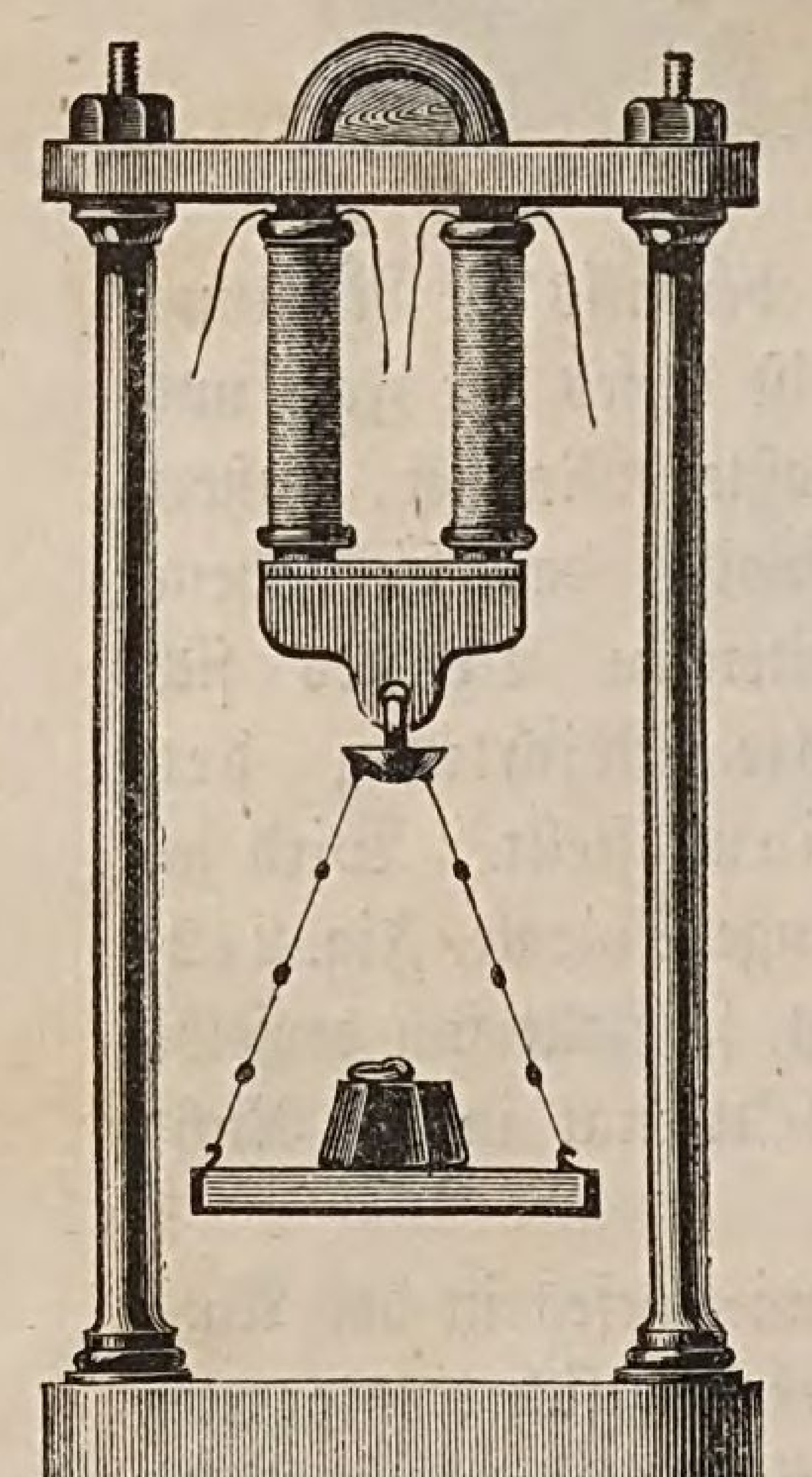
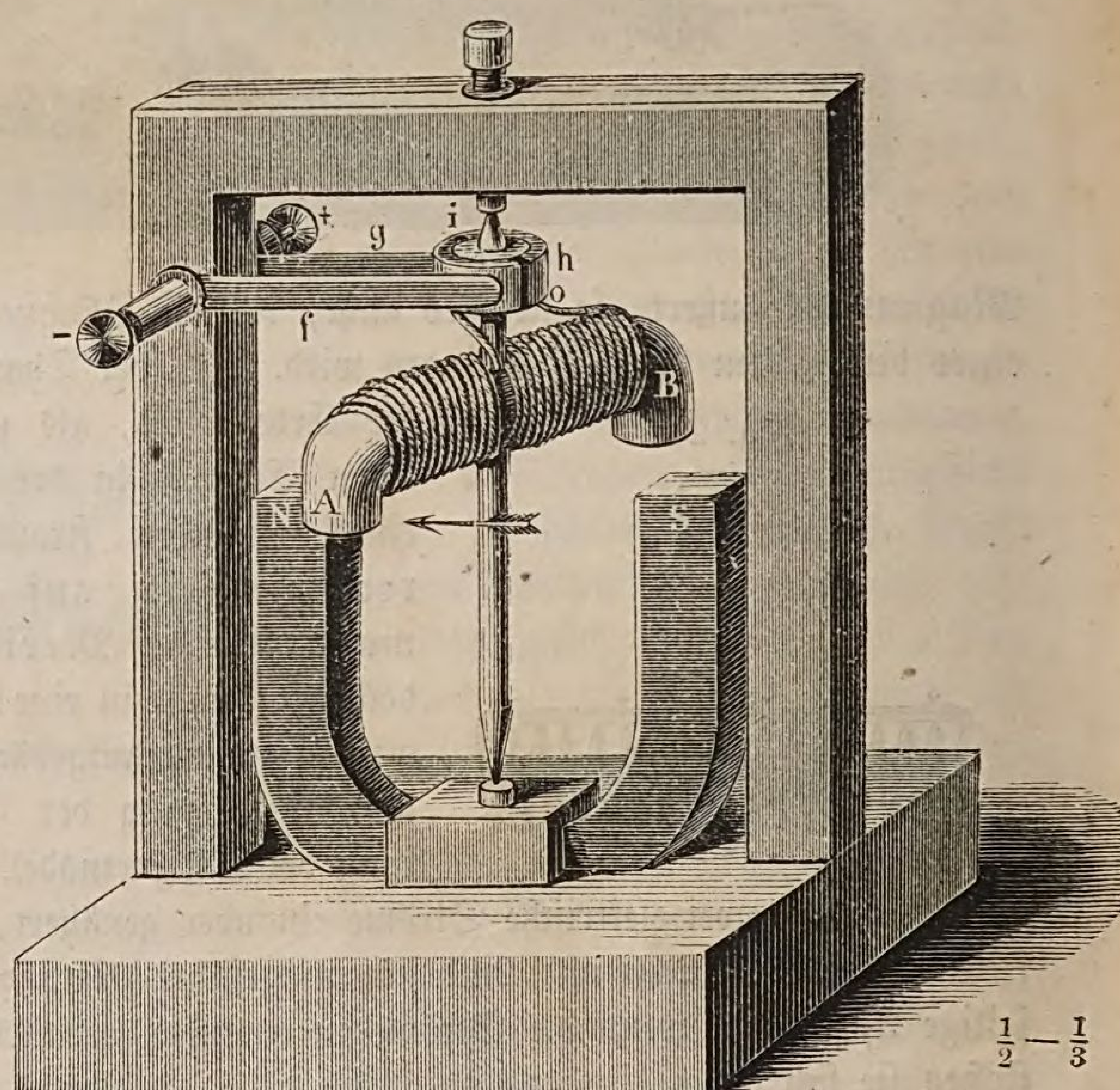


Fig. 245.



$\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$

ordentlich rasche Umkehrungen der Stromesrichtung erwirkt werden können, indem je ein Ende der Spirale abwechselnd mit dem positiven oder negativen Pole einer Säule in Verbindung gebracht wird.

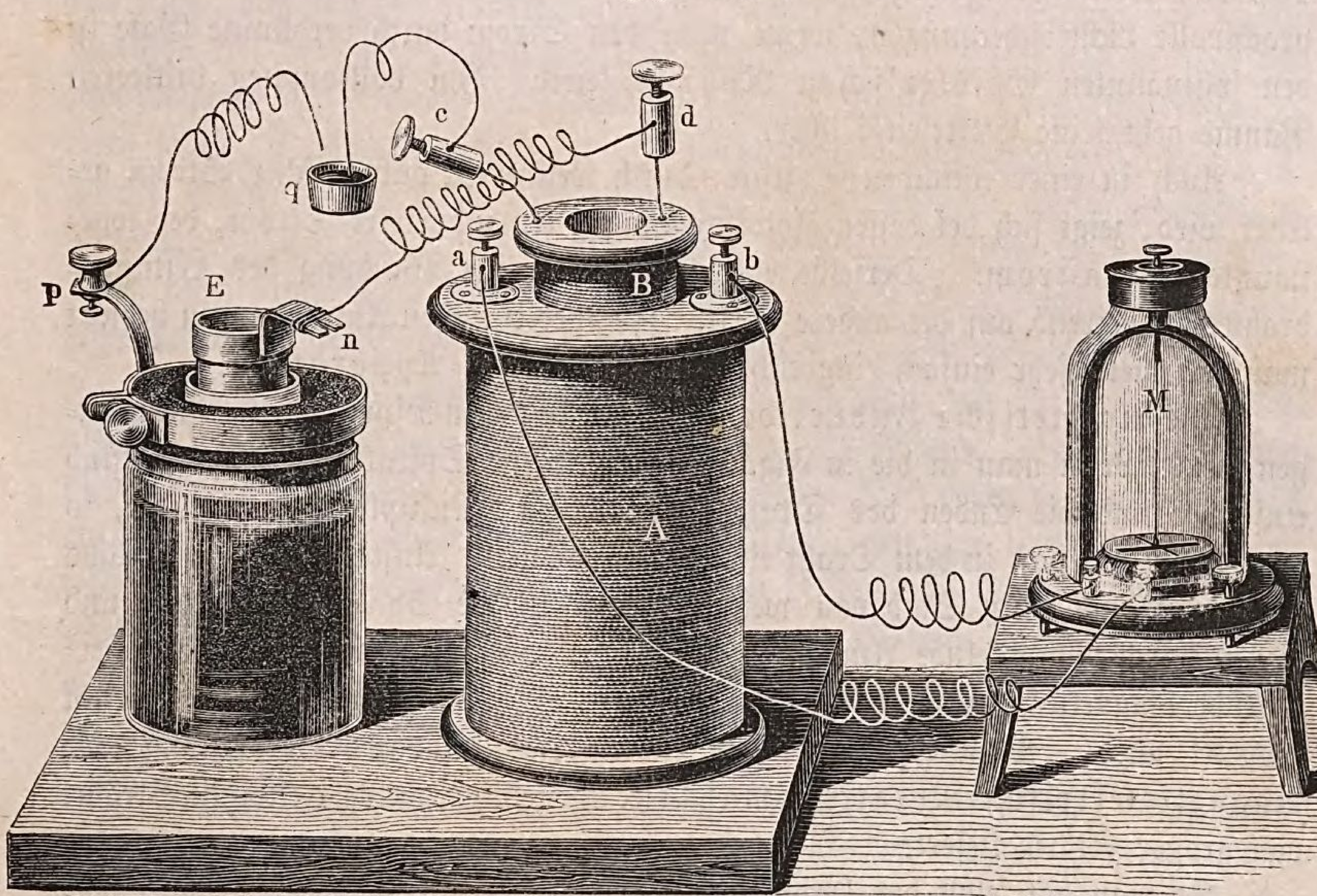
Stellt man nun einen Elektromagneten *AB*, Fig. 245, der um seine Achse leicht drehbar ist, einem gewöhnlichen Hufeisenmagneten *NS* gegenüber, so ziehen sich die ungleichnamigen Pole an. Wird jedoch, sobald beide Magnete die ihrer Anziehung entsprechende Stellung eingenommen haben, der Strom, folglich die Polarität des Elektromagneten umgekehrt, so stehen sich jetzt in beiden Magneten die gleichnamigen Pole gegenüber und stoßen sich ab. Hierdurch

läßt sich eine sehr rasche und kräftige Umdrehung hervorbringen; vergeblich haben sich jedoch bis jetzt alle Versuche erwiesen, dieselbe mit Vortheil als Treibkraft zu benutzen.

Inductionserscheinungen. Ein elektrischer Strom kann im Momente seines Beginnens oder Aufhörens, sowie auch durch seine Annäherung oder Entfernung in einem benachbarten Leiter gleichfalls elektrische Ströme, die sogenannten inducirten Ströme erzeugen. Es erinnert diese Induction an die früher (§. 224) nachgewiesene Elektrisirung durch Vertheilung. **241**

Die Inductionsströme lassen sich auf folgende Weise hervorbringen: Auf eine Spule *A*, Fig. 246, sei in vielen Windungen ein dünner mit Seide über-

Fig. 246.



sponnener Kupferdraht aufgewickelt, dessen Enden mit den Klemmschrauben *a* und *b* versehen sind. In die Höhlung dieser Spirale *A*, welche die Nebenspirale heißt, paßt eine ganz ähnliche Spirale *B*, die Hauptspirale, welche aus weniger Windungen eines dickern Drahtes besteht, der in die Klemmschrauben *cd* endigt. Letztere sind mit Drähten verbunden, welche den elektrischen Strom von der constanten Kette *E* in die Hauptspirale einführen. Es entsteht alsdann in der Nebenspirale *A* ein inducirter Strom, der durch den mit ihr in Verbindung gebrachten Multiplicator *M* angezeigt und gemessen wird.

Wohl zu bemerken ist, daß ein inducirter Strom nur vorübergehend zum Vorschein kommt, jedesmal in dem Augenblicke, wenn der galvanische Strom in die Hauptspirale eintritt oder wenn derselbe unterbrochen wird; im ersten Falle

hat der inducirte Strom eine dem Hauptstrom entgegengesetzte, im letzten Falle eine gleichlaufende Richtung. Der inducirte Strom ist vorzüglich geeignet, physiologische Wirkungen hervorzurufen. Denken wir uns in der Fig. 246 anstatt des Multiplicators, vermittels Handhaben an den Drahtenden, den Körper eines Menschen eingeschaltet; ferner durch abwechselndes Eintauchen des Drahtes in das Quecksilber enthaltende Näpfchen *q* und Herausziehen desselben, fortwährend schnelle Unterbrechungen in der Zuleitung des Hauptstromes, zwischen *p* und *c* bewirkt, so wird der hierdurch momentan erzeugte inducirte Strom seinen Weg durch den Körper nehmen und diesen erschüttern. Durch die Einschiebung von Eisendrähten in die Höhlung der Spule der Hauptspirale wird die Stärke des inducirten Stromes sehr vermehrt. Inductionsspiralen mit einer Drahtlänge von 100 000 Meter bringen großartige Wirkungen hervor und gewähren besonders prachtvolle Lichterscheinungen, wenn man den Strom durch verdünnte Gase in den sogenannten Geisler'schen Röhren leitet. Im vollkommen luftleeren Raume geht keine Elektricität über.

Auch in einer einfachen Spirale, durch welche ein galvanischer Strom geleitet wird, zeigt sich bei dessen Unterbrechungen ein inducirter Strom, der sogenannte Extrastrom. Derselbe entsteht, indem eine Windung des Leitungsdrahtes inducirend auf die andere wirkt. Zu medicinischen Anwendungen bedient man sich meist sehr einfach eingerichteter Extrastrom-Apparate.

Die magnetische Induction reiht sich den eben besprochenen Erscheinungen an. Wenn man in die in Fig. 213 beschriebene Spirale einen Magnetstab einschiebt und die Enden des Drahtes mit einem Multiplicator verbindet, so zeigt dieser an, daß in dem Draht ein Strom circulirt. Anstatt des Magnetstabs kann man auch einen Stab von weichem Eisen in die Spirale einschieben und diesem durch abwechselnde Annäherung und Entfernung eines Magnets vorübergehende magnetische Eigenschaft ertheilen, durch welche dann im Draht Elektricität inducirt wird. Man hat zu diesem Zwecke eine besondere Vorrichtung, die magnet-elektrische Rotationsmaschine ausgeführt, welche elektrische Ströme von großer Stärke liefert.

Ja man hat selbst den Erdmagnetismus zur Induction von Strömen verwendet. Wenn man einen Stab von weichem Eisen, der mit einer Drahtspirale umgeben ist, in der Richtung der Inclinationsnadel (vergl. S. 176) hält und ihn dann rasch umdreht, so daß das obere Ende unten ist und umgekehrt, so wird in der Spirale ein Strom inducirt.

242 **Der elektrische Telegraph.** Nächst den erstaunlichen Leistungen der Dampfmaschine ist es ganz vorzüglich die zauberartig in die Ferne wirkende telegraphische Mittheilung, welche unter den Wundern der Gegenwart angeführt zu werden pflegt. Durch die jetzige Ausbildung der Telegraphie erscheint eine Aufgabe gelöst, welche noch vor wenig Jahrzehnten als unmöglich hätte erscheinen müssen. In der That mußten erst alle in den vorstehenden Abschnitten angeführten Thatsachen Schritt vor Schritt entdeckt werden, bevor es gelingen konnte, dieselben zu den Zwecken der Telegraphie zu verbinden.

Das Grundwesen des elektromagnetischen Telegraphen beruht nun 1) auf der Geschwindigkeit des elektrischen Stroms, 2) auf der Leitungsfähigkeit der Metalle und der Erde, 3) auf der hierdurch gegebenen Möglichkeit, in jeder Entfernung vermittels der Drahtspirale ein Stück Eisen nach Belieben magnetisch zu machen und ihm diese Eigenschaft wieder zu entziehen, so daß man im Stande ist, vermittels der von dem Elektromagneten ausgehenden Anziehung und Abstoßung an dem entfernten Orte seiner Aufstellung gewisse Zeichen zu geben.

Die Geschwindigkeit des elektrischen Stroms ist außerordentlich groß, und wenn auch die Bestimmungen derselben nach verschiedenen Beobachtern zwischen 20 000 bis 60 000 Meilen in einer Secunde schwanken, so ist doch so viel sicher, daß für die gewöhnlichen Entfernungen seine Verbreitung eine augenblickliche ist, die nur unmeßbar kurze Zeit erfordert. Allerdings ist diese Geschwindigkeit des Stroms sehr abhängig von den Mitteln, welche ihn fortleiten, denn selbst die Metalle besitzen eine so verschiedene Leitungsfähigkeit, daß z. B. Platin einen elfmal und Eisen einen siebenmal größern Leitungswiderstand ausübt, als Kupfer. Dieses und Silber besitzen die größte Leitungsfähigkeit. Man muß daher einen Eisendraht von siebenfacher Dicke nehmen, wenn er dieselbe Leitungsfähigkeit haben soll, wie ein gegebener Kupferdraht.

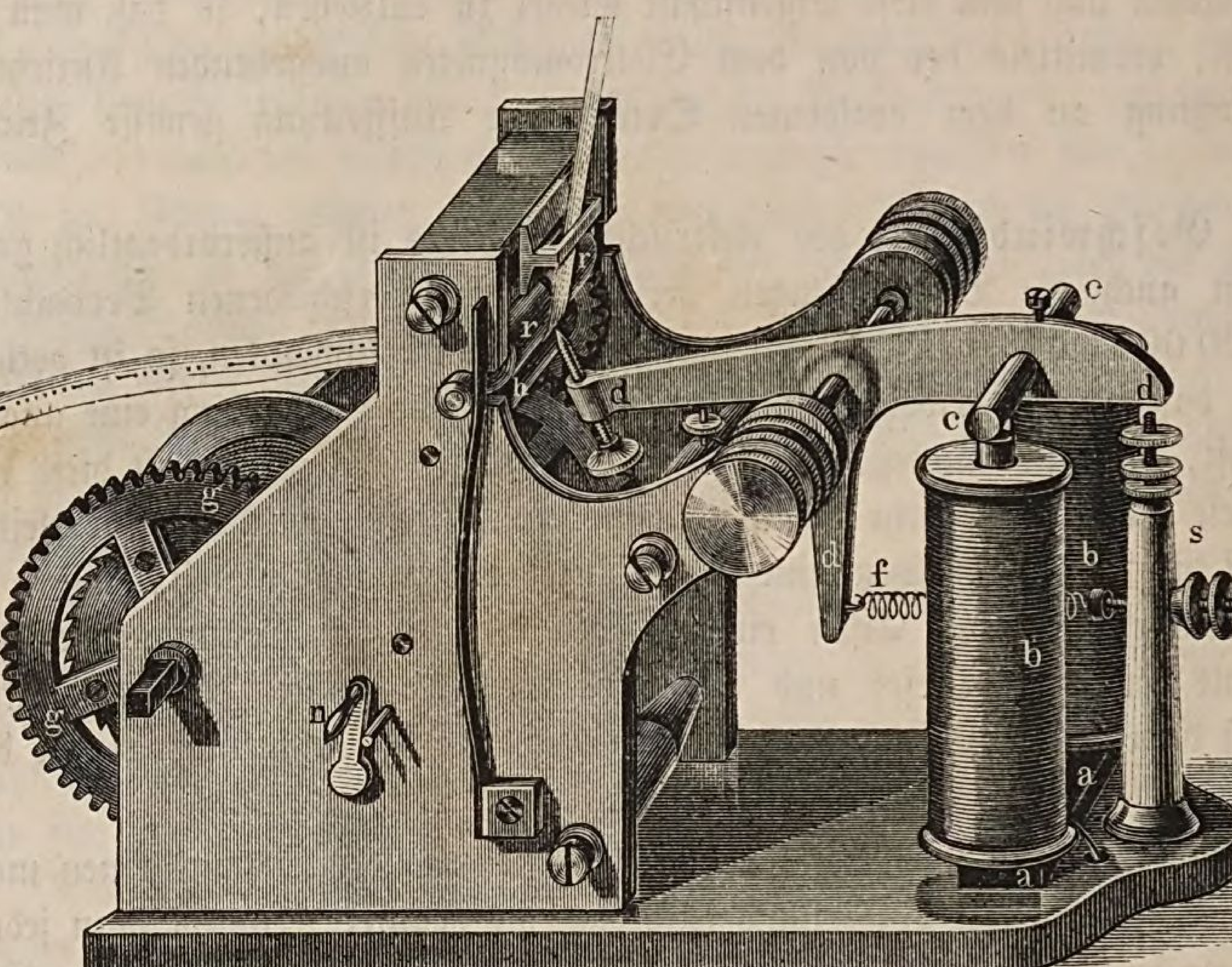
Flüssigkeit und feuchte Erde setzen der Fortleitung des Stroms einen mehr als millionenmal größern Widerstand entgegen, als Kupfer. Indem man jedoch die Enden zweier Drähte mit großen Metallplatten PP' verband, die in der Erde einander gegenübergestellt wurden (s. Fig. 248), gelangte man zu dem wichtigen Resultat, die Erde selbst als Leiter mit benutzen zu können. Der Strom wird in diesem Falle durch die zwischen beiden Platten befindliche Erdschicht geleitet. Wenn ihr Querschnitt millionenmal größer ist, als der eines Kupferdrahts, so besitzt sie gleiche Leitungsfähigkeit wie dieser.

Es war nun Aufgabe der Mechanik, Apparate auszuführen, durch welche 243
die elektromagnetische Anziehung in eine Zeichensprache umgesetzt werde. Dieselbe ist in mehrfacher Weise gelöst worden und als einen der einfachsten betrachten wir hier den sogenannten Schreibtelegraphen, von Morse, Fig. 247 (a. f. S.).

Sobald der elektrische Strom durch die beiden Spiralen bb geht, werden die in dieselben eingeschobenen Eisencylinder magnetisch und ziehen den Querbalken cc des um seine Achse drehbaren Schreibhebels ddd an. Dieser Hebel hat am andern Ende einen zugespitzten Stift, welcher auf einem zwischen den Walzen i und b durch ein Uhrwerk fortgleitenden Papierstreifen Eindrücke hervorbringt, so oft und so lange der Schreibhebel angezogen wird. Bei Unterbrechung des Stroms hört die magnetische Anziehung sogleich auf und der Schreibhebel wird durch die Feder f in seine frühere Stellung zurückgezogen. Ein momentaner Eindruck des Stiftes erzeugt einen Punkt, bei längerer Dauer entsteht ein Strich (—), so daß man aus Punkten und Strichen ein Alphabet auszudrücken im Stande ist, z. B. a . . —, m — —, e ., — r . — ., s . . ., t — u. s. w.

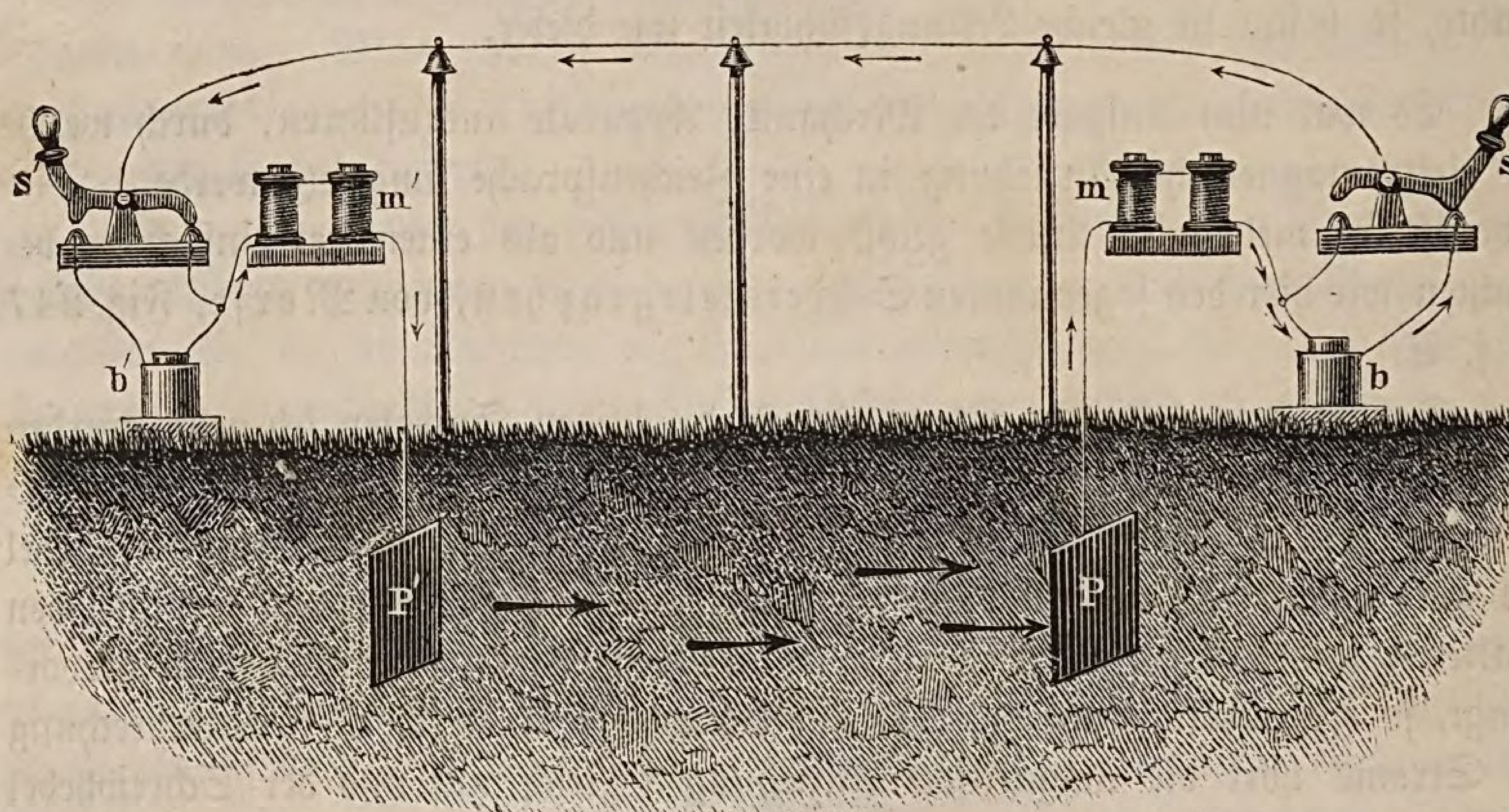
In Fig. 248 sehen wir nun zwei mit einander verbundene telegraphische Stationen. Es stellen hier *bb'* die elektrischen Batterien, *mm'* die Elektromagnete und *ss'* die sogenannten Schlüssel vor, deren sich der Telegraphist

Fig. 247.



zur beliebigen Unterbrechung und Herstellung des Stromes bedient. Befänden sich nämlich **beide** Schlüssel in der Ruhelage (wie bei *s'* der Fall ist), so wäre

Fig. 248.



die leitende Verbindung zwischen den inneren und äußeren Erregern der Batterie unterbrochen und somit die Circulation des Stromes verhindert. Wird jedoch der Schlüssel, wie bei *s* geschehen ist, niedergedrückt, so geht jetzt der Strom in

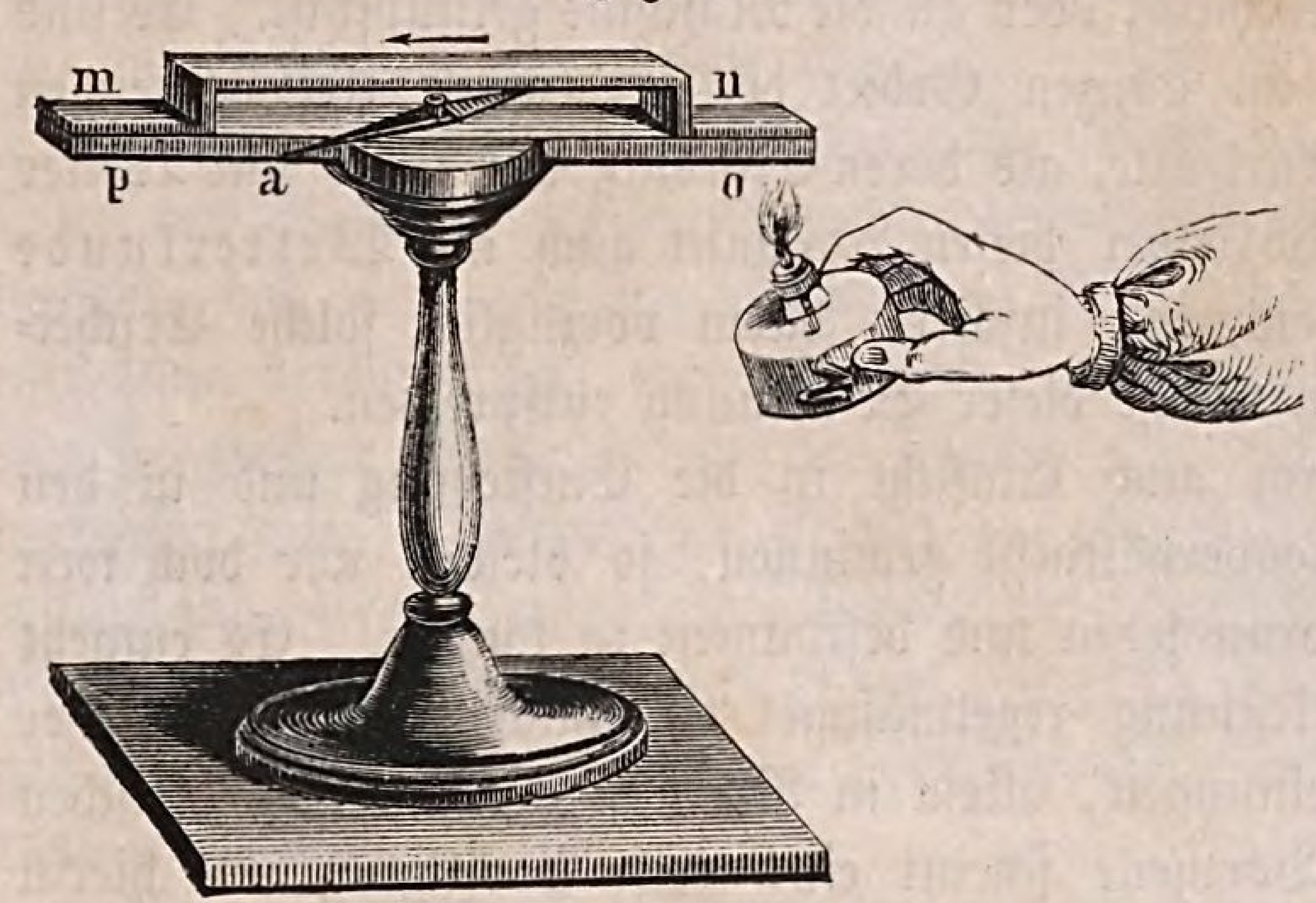
der Richtung der Pfeile vom positiven Pol *b* durch den Schlüssel, durch den Leitungsdraht nach dem Schlüssel s′, von diesem zu dem Elektromagneten *m′*, sodann zur Platte *P′* durch die Erde zurück zum Elektromagneten der sprechenden Station und endlich zum negativen Pol der Batterie *b*.

Mit den Elektromagneten *mm′* haben wir uns den in Fig. 247 dargestellten Apparat in Verbindung zu denken, dessen Schreibhebel durch wiederholtes Drücken auf den Schlüssel in die entsprechende Bewegung versetzt wird.

Der galvanische Strom leistet der Wissenschaft und der Technik noch manchen schätzenswerthen Dienst; hervorzuheben ist seine Verwendung zur Herstellung der gleichmäßig gehenden elektrischen Uhren, sowie zur Ermittlung sehr kleiner Zeittheile, z. B. bei der Geschwindigkeit abgeschossener Kugeln.

Thermo-Elektricität. Man hat an mehreren Körpern, insbesondere an dem Turmalin, einem Minerale, die Beobachtung gemacht, daß sie elektrisch werden, sobald man dieselben an einem Ende erwärmt. Noch auffallender wird die Erregungsfähigkeit zweier verschiedener zusammengelötheter Metalle erhöht, wenn die Löthstelle erwärmt wird. In Fig. 249 ist *op* ein Stab von Wismuth, auf welchen ein Bügel von Kupferdraht *mn* gelöthet ist. Eine Magnetnadel *a* befindet sich unterhalb und man stellt den Apparat in die Richtung des magnetischen Meridians. Erhitzt man jetzt eine der Löthstellen, etwa bei *o*, so wird die Nadel abgelenkt, ein Beweis, daß in dieser thermoelektrischen Kette ein Strom circulirt. 244

Fig. 249.



Die besten thermoelektrischen Erreger sind Ketten aus Antimon und Wismuth und in Verbindung solcher mit dem Multiplicator hat man einen Apparat hergestellt, welcher für die allergeringsten Unterschiede in der Temperatur aufs Höchste empfindlich ist.

Thierische Elektricität. Schon den Alten war es bekannt, daß mehrere Fische das Vermögen besitzen, elektrische Schläge zu ertheilen, nämlich der Zitterwels im Nil und der Zitterrochen oder Torpedo im Mittelmeer und atlantischen Ocean. Der in kleinen Seen von Centralamerika lebende Zitteraal oder Gymnotus ertheilt jedoch die stärksten Schläge, ja, indem er unter den Bauch eines Pferdes schwimmt und sich längs dessen entladet, kann dieses momentan gelähmt werden und ertrinken. 245

Man kann an diesen Thieren den elektrischen Strom mit all seinen Eigenschaften, wenn auch zum Theil nur in schwachem Maße, nachweisen. Auch er-

kennt man, vorzüglich deutlich im Zitterrochen, ein besonderes elektrisches Organ, aus vieleckigen, von häutigen Blättchen gebildeten Säulchen bestehend, ohne daß sich jedoch genauer nachweisen läßt, wie hier die elektrische Spannung zu Stande kommt, über welche diese Thiere nach Willkühr verfügen.

Ueberdies sind im thierischen Organismus noch elektrische Ströme nachgewiesen worden, insbesondere zwischen der äußern und innern Fläche eines durchschnittenen Muskels.

IX. Die Meteorologie.

246 Unter diesem Namen fassen wir die Betrachtung einer Reihe sehr verschiedenartiger Phänomene zusammen, deren Gemeinschaftliches in ihrem weitverbreiteten Auftreten besteht, das nicht wie bei der Mehrzahl der bisherigen physikalischen Erscheinungen an den Apparat oder an die Maschine geknüpft ist. Es sind vielmehr Offenbarungen der im ganzen Gebiet der Erdenwelt frei waltenden und ins Große wirkenden Naturkräfte, als deren Ergebniß wir Wind und Wetter anzusehen haben. Man könnte daher diesen Abschnitt auch als Wetterkunde oder Witterungslehre bezeichnen, insofern darin vorzüglich solche Erscheinungen ihre Erklärung finden, welche dieser Benennung entsprechen.

Wenn wir nun hierdurch auch Einsicht in die Entstehung und in den Zusammenhang der Witterungsverhältnisse gewinnen, so bleiben wir doch weit davon entfernt, das Wetter voraussehen und bestimmen zu können. Es entgeht uns zwar keineswegs die Erkennung regelmäßiger Gesetzlichkeit auch in dieser launischsten aller Naturerscheinungen, allein in Rücksicht auf unsere praktischen Zwecke, unsere Wünsche und Vortheile scheint eine weise Vorsehung uns hierin eine ähnliche Ungewißheit bestimmt zu haben, wie sie die Zukunft unserer menschlichen Schicksale in wohlthätiges Dunkel verhüllt.

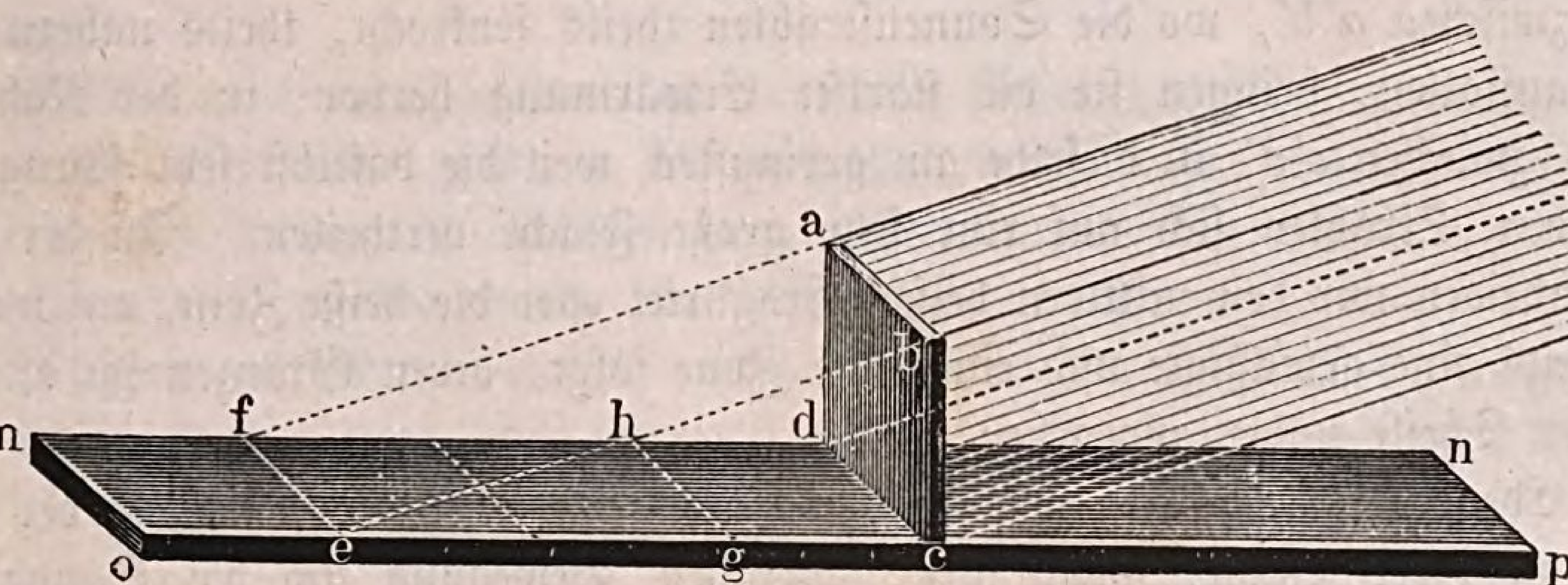
Wir werden demnach im Folgenden näher besprechen: Die Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche; den Luftdruck und die Entstehung der Winde; die atmosphärische Feuchtigkeit, sowie endlich die optischen und elektrischen Erscheinungen der Atmosphäre.

247 1. Die Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche.

Die Sonne ist die alleinige Quelle der an der Erdoberfläche fühlbaren und meßbaren Wärme; sie sendet uns gleichzeitig mit dem Lichte jene unsichtbaren Strahlen, die Wärme verbreiten und Leben hervorrufen, wohin sie gelangen. Die Temperatur eines Ortes ist daher vor Allem abhängig von der Art und Weise, in welcher derselbe von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Wir bemerken ferner, daß die von der Sonne zur Erde gelangenden Wärmestrahlen unter sich parallel sind, und daß selbstverstehend eine Fläche um so stärker erwärmt wird, je größer die Anzahl der auf sie fallenden Wärmestrahlen ist. Es sollen die parallelen Linien, Fig. 250, ein prismatisches Bündel von der Sonne

kommender Wärmestrahlen vorstellen; *abcd* sei eine Fläche gleich dem Querschnitt des Strahlenbündels, so daß sie, rechtwinkelig gegen dasselbe gestellt, sämmt-

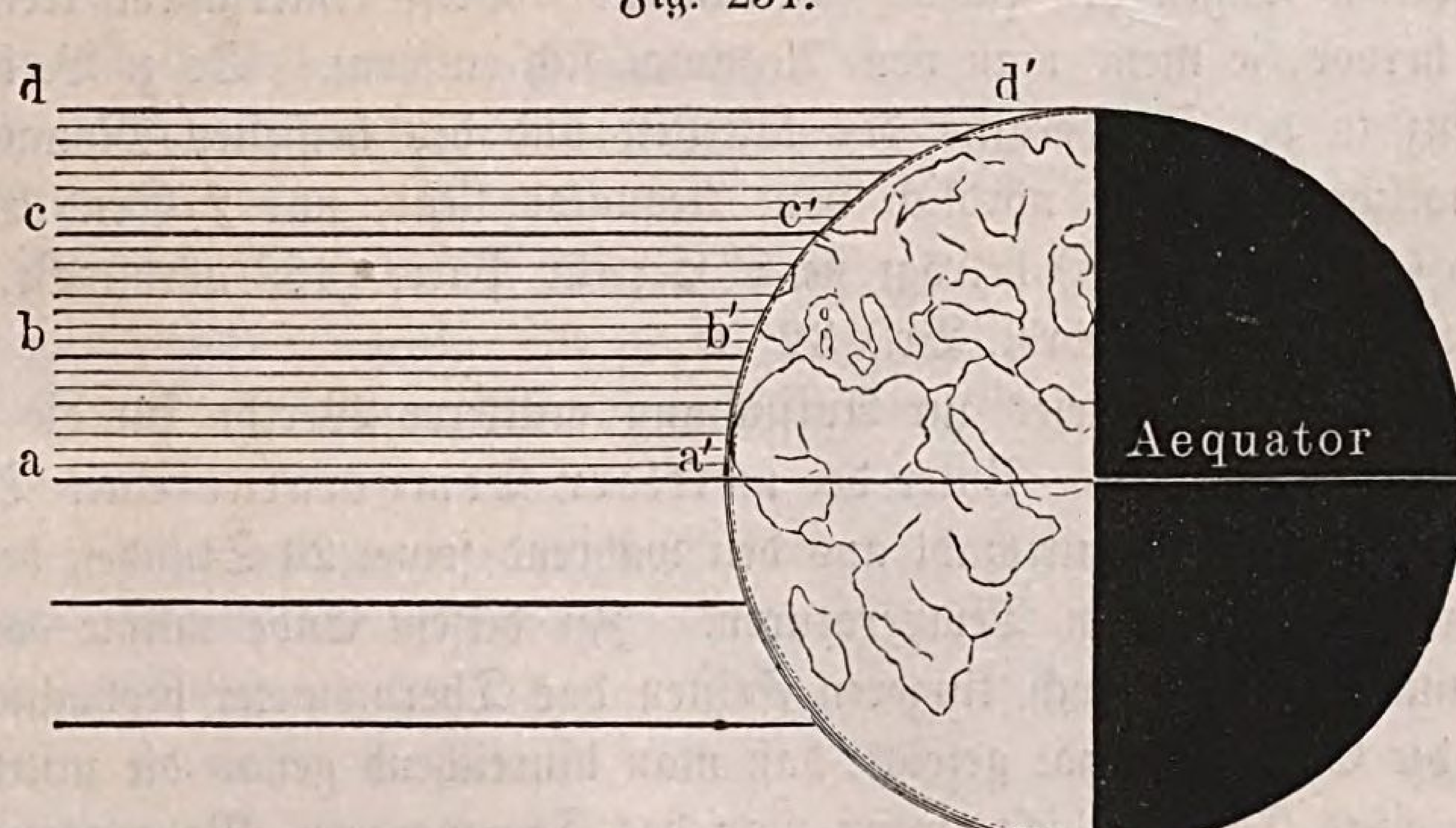
Fig. 250.



liche Wärmestrahlen auffängt. Ihre Erwärmung wird sonach der Anzahl dieser Strahlen entsprechen; nehmen wir jedoch diese Fläche hinweg, so fallen die Wärmestrahlen schräg auf die horizontale Ebene *mnop* und vertheilen sich dabei auf die Fläche *dcef*, welche dreimal so groß ist als *abcd*; folglich kann der Theil *cdgh* dieser Fläche, welcher dieselbe Größe hat wie *abcd*, nur den dritten Theil der Wärme aufnehmen, welche letztere empfangen hatte. Dieser Versuch beweist, daß eine gegebene Menge von Wärmestrahlen die größte Erwärmung nur dann hervorbringt, wenn dieselben senkrecht auffallen; daß sie sich auf eine um so größere Fläche vertheilen, folglich eine entsprechend geringere Wirkung hervorbringen, je kleiner der Winkel ist oder je schräger sie auffallen. Es er-erklärt sich hieraus, warum der Schnee am schnellsten auf Dächern thaut, warum an Bergabhängen der feurigste Wein reift; die Sonnenstrahlen treffen auf diese geneigten Flächen senkrecht, oder doch jedenfalls weniger schräg als auf die horizontale Erdfläche.

Da die Erde eine Kugel ist, so können die parallelen Sonnenstrahlen unmöglich an allen Punkten derselben unter gleichen Winkeln auffallen und es erklärt sich hieraus die ungleiche Erwärmung ihrer Oberfläche. Wir sehen in Fig. 251 mehre Bündel von Wärmestrahlen, *ab*, *bc*, *cd*, deren jeder die gleiche

Fig. 251.



Anzahl von Strahlen enthält; allein indem diese die Erde erreichen, vertheilen sie sich auf sehr ungleiche Flächen derselben. Die Region $a'b'$ ist offenbar kleiner als $b'c'$ und bei weitem kleiner als die Region $c'd'$. In der Nähe des Aequators, zwischen $a'b'$, wo die Sonnenstrahlen theils senkrecht, theils nahezu senkrecht auffallen, bringen sie die stärkste Erwärmung hervor; in der Nähe des Poles, zwischen $c'd'$, ist dieselbe am geringsten, weil die daselbst sehr schräg auffallenden Strahlen sich auf eine sehr große Fläche vertheilen. In der That unterscheiden wir den mittlern heißen Erdgürtel oder die heiße Zone, auf welchen jederseits eine gemäßigte und eine kalte Zone folgt, deren Gränzen im astronomischen Theile näher angegeben sind.

Ebendaselbst erfahren wir aber auch, daß in Folge der Stellung der Erdachse zu ihrer Bahn, sowie ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne, die Wärmestrahlen zu verschiedenen Jahreszeiten unter sehr ungleichen Winkeln einen und denselben Ort erreichen; ferner, daß die Dauer des Tages um so größere Ungleichheiten und Wechsel erfährt, je mehr man sich von dem Aequator entfernt. Rechnen wir hierzu die verschiedene Erwärmungsfähigkeit ungleich beschaffener Erdoberflächen, den Einfluß der Erhebung eines Ortes über den Meeresspiegel und endlich die von herrschenden Luft- oder Wasserströmungen herrührenden Wirkungen, so leuchtet es ein, daß die Temperatur eines Ortes nicht allein von seiner geographischen Lage abhängig ist, daß sie aus dieser nur annähernd sich bestimmen läßt. Genaue Angaben hierüber können nur auf besondere Beobachtung begründet werden.

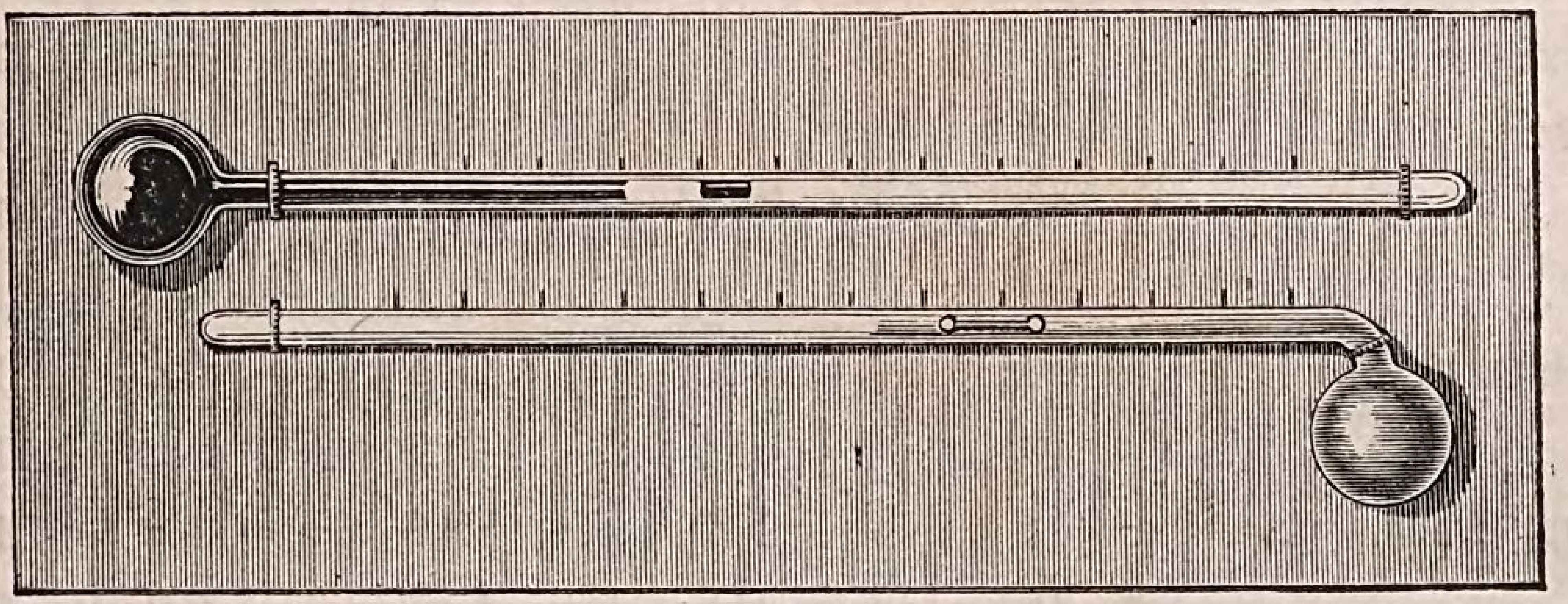
248 Bemerken wir vorerst, daß an jedem Tage die Sonnenstrahlen um die Mittagszeit am stärksten erwärmen, weil sie alsdann am wenigsten schräg auffallen; ferner, daß in der gemäßigten Zone der Unterschied von Sommer zu Winter einestheils auf der ungleichen Tagesdauer, anderntheils auf dem ungleichen Auftreffen der Sonnenstrahlen beruht. Im Sommer nähert sich ihre Richtung mehr der senkrechten; im Winter dagegen, wo die Erde der Sonne um eine Million Meilen näher ist als im Sommer, fallen die Strahlen der letzteren sehr schräg auf. Es können somit an einem und demselben Orte merkliche Unterschiede an verschiedenen Stunden des Tages und sehr bedeutende an verschiedenen Tagen des Jahres stattfinden. Diese Unterschiede treten um so stärker hervor, je mehr man vom Aequator sich entfernt. So z. B. beträgt die Differenz in der Temperatur des kältesten und des heißesten Monats in Bogota, welches 4 Grad nördlich vom Aequator liegt, nur 2 Grad Celsius; in Mexico (19° nördl. Br.) beträgt sie 8° C.; für Paris (48° nördl. Br.) 27° C.; für Petersburg (59° nördl. Br.) 32° C.

Es führt uns dieses zur Aufsuchung mittlerer Werthe für die Temperaturen bestimmter Orte. Unter der **mittlern Temperatur** eines Tages versteht man die Durchschnittszahl aus den während seiner 24 Stunden beobachteten höchsten und niedrigsten Temperaturen. Zu diesem Ende müßte von Stunde zu Stunde oder in noch kürzeren Fristen das Thermometer beobachtet werden. Allein die Erfahrung hat gezeigt, daß man hinreichend genau die mittlere Temperatur eines Tages erhielt, wenn man das Thermometer Morgens um 7 Uhr,

Nachmittags um 2 Uhr und Abends 9 Uhr beobachtet und das Mittel daraus berechnet. Aus den mittleren Temperaturen der Tage berechnet man die eines Monates und die mittlere Temperatur eines Jahres erhält man aus denen seiner Monate.

Wollte man den höchsten und niedersten Stand des Thermometers innerhalb einer bestimmten Zeit, z. B. während eines Tages, genau erfahren, so müßte der Beobachter 24 Stunden lang anhaltend das Thermometer beobachten. Man hat jedoch glücklicherweise ein Instrument erdacht, welches eine so mühevolle Aufgabe entbehrlich macht. Ein solches ist der Thermometrograph, Fig. 252, der aus zwei Thermometern mit wagerecht liegenden Röhren besteht.

Fig. 252.



Das obere ist ein Quecksilberthermometer, in dessen Röhre ein kleines Stäbchen von Stahl eingeschlossen ist. Steigt das Thermometer, so schiebt die Quecksilbersäule dieses Stäbchen vor sich her, und läßt es liegen, wenn beim Fallen der Temperatur das Quecksilber sich wieder zurückzieht. Dieses Thermometer zeigt also die höchste Temperatur oder das Maximum an. Das untere Thermometer mit gebogener Röhre enthält Weingeist; auch in seine Röhre wurde ein Körper eingeschlossen, nämlich ein leichtes Glasstäbchen mit verdickten Enden. Zieht sich bei Erniederung der Temperatur der Weingeist zusammen, so nimmt er, vermöge der Adhäsion, das Glasstäbchen mit; tritt später wieder eine höhere Wärme ein, so geht der Weingeist über dasselbe hinweg, ohne es zu verrücken, und man erfährt hierdurch die niederste Temperatur oder das Minimum. Jedesmal vor dem Gebrauch muß man die Vorrichtung etwas links neigen und durch leises Anklopfen die beiden Stäbchen an die Spitze der Flüssigkeitssäulen in den Thermometerröhren bringen.

Als Ergebniß längerer Beobachtung innerhalb der gemäßigten nördlichen 249
Zone, also für unsere Gegend, hat sich herausgestellt, daß im Durchschnitt der Juli der heißeste, der Januar der kälteste Monat ist und zwar ist der 26. Juli als der heißeste und der 14. Januar als der kälteste Tag des Jahres anzunehmen. Die mittlere Jahrestemperatur fällt in der Regel auf den 24. April und den 21. October. Nach den Jahreszeiten gilt für dieselbe Gegend die folgende Eintheilung der Monate: Frühling: März, April, Mai; Sommer: Juni, Juli, August; Herbst: September, October, November; Winter: December, Januar, Februar.

Die nachstehende Tabelle enthält einige Beispiele für die Temperaturverhältnisse an verschiedenen Punkten der Erde:

Orte.	Breite.	Höhe über dem Meeresspiegel in Metern.	Mittlere Temperatur n. C.		
			des Jahres.	des Winters.	des Sommers.
Insel Melville	74 N.	—	— 18,7	— 33,5	2,8
Jakutsk	62 "	117	— 9,7	— 38,9	17,2
St. Bernhard	45 "	4843	— 1,0	— 7,8	6,1
Petersburg	59 "	—	3,5	— 8,4	15,7
Königsberg	54 "	—	6,2	— 3,3	15,9
Bern	46 "	585	7,8	— 0,9	15,8
Berlin	52 "	39	8,6	— 0,8	17,3
München	48 "	526	8,9	— 0,4	17,4
Genf	46 "	396	9,7	1,2	17,9
Frankfurt a. M.	50 "	117	9,8	1,2	18,3
Wien	48 "	156	10,1	0,2	20,3
London	51 "	—	10,4	4,2	17,1
Paris	48 "	64	10,8	3,3	18,1
Bordeaux	44 "	—	13,9	6,1	21,7
Rom	41 "	53	15,4	8,1	22,9
Cap der guten Hoffnung	33 S.	—	19,1	14,8	23,4
Calcutta	22 N.	—	25,5	19,9	28,5

Wenn auch die Mehrzahl der hier angegebenen Temperaturen bestätigt, daß je näher ein Ort am Aequator, desto höher seine mittlere Temperatur ist, so begegnen wir doch auch mehrfachen Ausnahmen. Wir sehen namentlich den Einfluß hervortreten, welchen die Erhebung über die Meeresfläche auf die Erniedrigung der Temperatur ausübt, wenn wir z. B. die Wärmegrade von Paris und München vergleichen, die doch unter gleichen Breitegraden liegen. Die Temperatur eines Landes wird ferner herabgestimmt durch herrschende kalte Luftströmungen und durch eine reichliche Bedeckung mit Pflanzen, indem dieselben nicht nur die Erwärmung des Bodens durch die Sonnenstrahlen vermindern, sondern auch, weil sie Nachts sehr stark Wärme ausstrahlen und eine fortwährende Verdunstung von Wasser bewirken, wodurch sehr viel Wärme gebunden wird.

Einen sehr bedeutenden Einfluß übt das Vorhandensein des Wassers auf die Temperatur aus. Vorerst ist zu bemerken, daß das Festland, insbesondere solches mit kahler Oberfläche, von den Sonnenstrahlen viel stärker erwärmt

wird, als unter gleichen Umständen dies bei einer Wasserfläche der Fall ist. Größere Wassermassen, wie Meere, insbesondere, wenn dieselben einen verhältnißmäßig schmalen Landtheil umgeben, verleihen demselben ebenso wie den Küsten der Continente ein *gleichmäßiges* Klima, nämlich kühle Sommer und milde Winter, während im Innern großer Landgebiete heiße Sommer mit kalten Wintern wechseln. Man unterscheidet daher ein sogenanntes *Land-* und *Seeklima* oder *Continental-* und *Küstenklima*. Diese ausgleichende Wirkung des Wassers beruht darauf, daß es einestheils einen großen Theil der Wärme zur Dampfbildung in Anspruch nimmt, anderntheils aber während der Nacht bei weitem weniger Wärme ausstrahlt als das Land. Die Folgen dieses Einflusses für die Vegetation sind sehr merklich und bedeutend. So z. B. wird bei Jakutzk in Sibirien, wo die mittlere Jahrestemperatur — 9,7° C. ist, die mittlere Wintertemperatur aber — 38,9° C. beträgt, während des kurzen aber heißen Sommers bei einer mittlern Temperatur von 17,2° C. Weizen und Roggen gebaut, während auf Island, bei beträchtlich höherer Jahrestemperatur und bei unbedeutender Winterkälte, Getreide nicht zur Reife gelangt wegen der allzu niedrig bleibenden Sommertemperatur. Ebenso finden wir auf Irland und an der Südküste von England ein vorherrschend gleichmäßiges und mildes Klima, so daß die Myrthe, die Camelia und die Fuchsia dort im Freien überwintern. Aber es gedeiht dort nicht der herrliche Weinstock und selbst die Kirschen und manches andere Obst kommen daselbst nicht zur Reife, weil die Sommerhitze nicht die erforderliche Höhe erreicht.

Wenn man, wie dies bei der nachfolgenden Karte, Fig. 253 (a. f. S.), welche 250
eine Uebersicht der Erdoberfläche in der Aequatorial-Projection vorstellt, geschehen ist, alle diejenigen Orte durch Linien verbindet, die eine gleich mittlere Jahrestemperatur haben, so erhält man die sogenannten *Isothermen* oder *Linien gleicher mittlerer Jahreswärme*. Es werden hierdurch die im Vorhergehenden besprochenen Verhältnisse sehr veranschaulicht und wesentlich erläutert. Wir sehen, daß die Isothermen keineswegs parallel gehen mit den Breitegraden, daß sie im Gegentheil auffallend abweichende Krümmungen darbieten. Eine wesentliche Ergänzung unseres Bildes über die Wärmevertheilung auf der Erdoberfläche erfahren wir jedoch durch die folgende Karte, Fig. 254 (a. S. 207), auf welcher die ausgezogenen Linien durch diejenigen Orte gehen, welche gleiche mittlere Wintertemperatur haben; sie werden *Isochimenen* genannt. Die punktirten Linien verbinden dagegen diejenigen Orte, an welchen dieselbe mittlere Sommerwärme herrscht und heißen *Isotheren*. Hieraus ist dann ersichtlich, daß Orte, die hinsichtlich ihrer mittlern Jahrestemperatur übereinstimmen, doch in Beziehung auf Sommer und Winter große Unterschiede und somit sehr ungleiche Klima- und Vegetationsverhältnisse haben können.

Die Beobachtungen sprechen dafür, daß sehr extreme Witterungszustände, z. B. äußerst kalte Winter, sich niemals über das Bereich ganzer Hemisphären erstrecken; es findet vielmehr eine derartige Ausgleichung Statt, daß wir annehmen dürfen, es seien die von der Sonne jährlich durch die Erde aufgenommenen Wärmemengen stets einander gleich.

251 Unsere bisherige Betrachtung bezog sich auf die Temperatur der Luft, von welcher die Temperatur des Bodens sehr verschieden ist. Wie bereits früher angedeutet, ist hier die Beschaffenheit seiner Oberfläche von wesentlichem Einfluß; während eine Pflanzendecke seine Wärme erniedrigt, wird ein nackter,

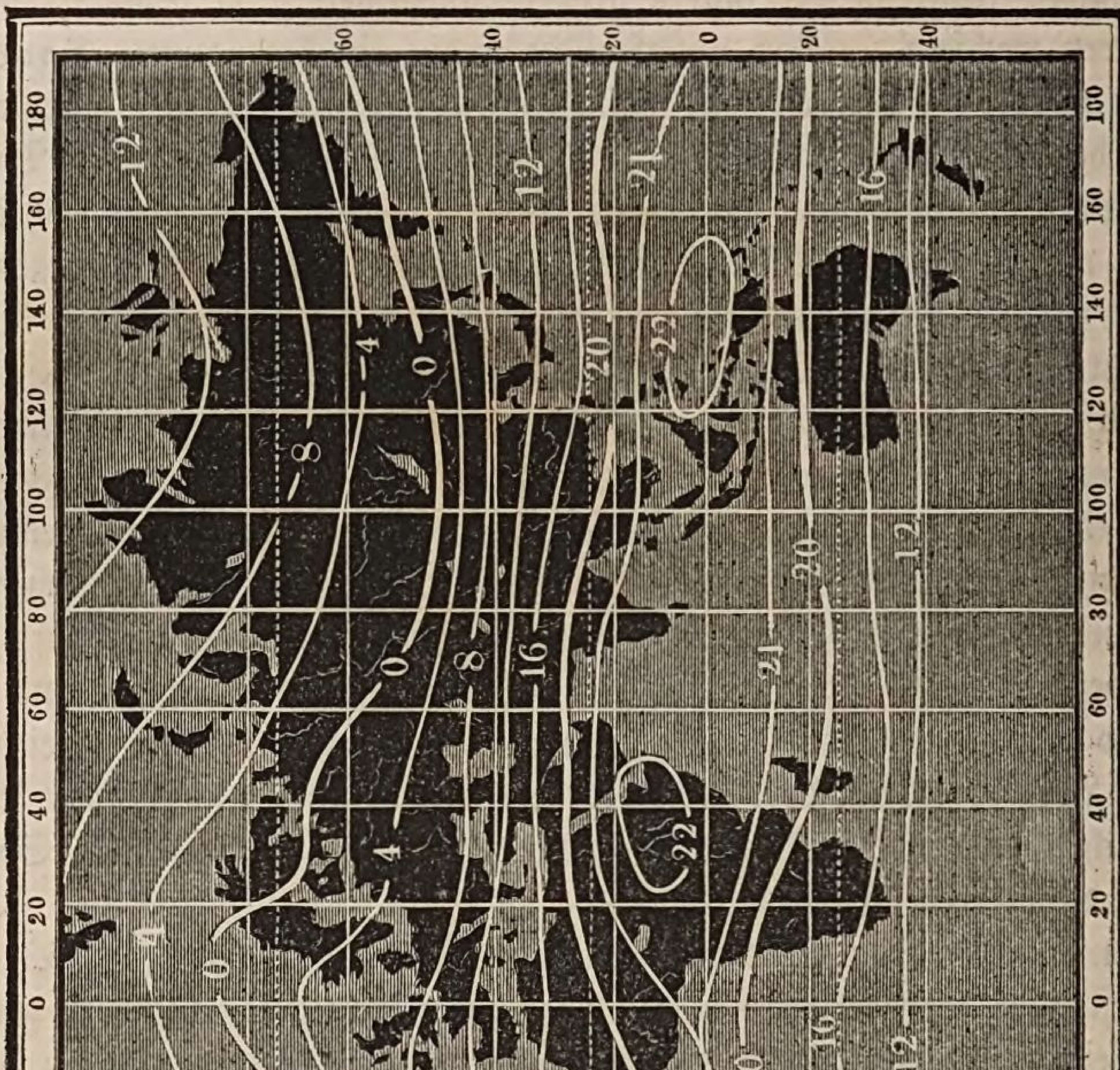


Fig. 253.

sandiger oder steiniger Boden durch die Sonnenstrahlen am meisten erwärmt, so daß die Hitze des afrikanischen Wüstensandes oft auf 40° bis 48° R. steigt. Da jedoch die Erdmasse ein schlechter Wärmeleiter ist, so dringt die Wärme nur allmälig und bis zu geringer Tiefe ein. In einer Tiefe von nahezu 1 Meter

zeigt das Thermometer nicht mehr die täglichen Schwankungen der Wärme, sondern nur noch die jährlichen und in einer Tiefe von 24 Metern verschwinden auch diese und es herrscht da beständig eine der mittlern Jahrestemperatur des Ortes nahezu gleichkommende Temperatur. Dringt man jedoch immer tiefer in den Erdboden ein, so zeigt es sich, daß derselbe allerdings eine eigene, von der Sonne unabhängige Wärme hat, welche mit der Tiefe stets zunimmt, so daß

Fig. 251.



wir in einer Tiefe von etwa 3000 Metern die Hitze des siedenden Wassers und endlich Glühhitze antreffen würden — Verhältnisse, die im geologischen Theile näher erläutert werden.

Erheben wir uns dagegen in die Luft, sei es nun mittels eines Ballons 252
oder indem wir einen Berg besteigen, so beobachten wir eine stetige Abnahme der Temperatur in den höheren Luftregionen. Durch die Sonnenstrahlen wird die Luft wegen ihrer geringen Dichte nur äußerst wenig erwärmt, sie erhält ihre Wärme vielmehr durch Strahlung von der Erde, die wie ein Ofen sich verhält. Man sollte nun denken, daß alsdann, ähnlich wie in unseren Zimmern, die erwärmte Luft in die Höhe steigen und dieselbe einnehmen würde. Theilweise ist dieses der Fall; allein indem die Luft beim Erwärmen sich ausdehnt, wird gleichzeitig die Wärme gebunden und hierdurch ihre Temperatur erniedrigt. Daher begegnen wir denn auf höheren Gebirgen einer Region des ewigen Schnees, deren Gränze um so höher liegt, je heißer das Land ist. In den Alpen findet für eine Erhebung von je 180 Metern eine Temperaturabnahme von 1° R. Statt; die untere Gränze des ewigen Schnees ist daselbst 2708 Meter; für den Himalaya 4500, für Quito 4800 Meter.

253 **2. Vom Druck der Luft und von den Winden.** In §. 102 haben wir das Barometer als das Instrument kennen gelernt, welches zum Messen des Luftdruckes dient. Das Steigen und Fallen seiner Quecksilbersäule zeigt uns an, daß der atmosphärische Druck bald größer, bald kleiner ist. Woher rühren diese Schwankungen? Sie beruhen ganz vorzüglich auf den in verschiedenen Regionen der Atmosphäre vorgehenden Temperaturveränderungen. In der That sind in den Tropenländern die Schwankungen des Barometers viel weniger auffallend als bei uns und zeigen dabei eine gewisse Regelmäßigkeit, weil dort die Temperatur gleichmäßiger ist. Wenn an irgend einem Orte die Luft beträchtlich erwärmt wird, so dehnt sie sich aus, sie wird specifisch leichter, erhebt sich über die benachbarten kälteren Luftregionen und breitet sich über dieselben aus. Es erklärt sich hieraus, warum an jenem Orte der Luftdruck geringer, folglich der Barometerstand niedriger sein wird, als innerhalb der kälteren Umgebung, wo eine dichtere und höhere Atmosphäre ihre Wirkung ausübt.

254 Die Nachbarschaft kalter und warmer Luftmassen wird aber stets eine Bewegung derselben zur Folge haben und jener Zug, den wir in §. 151 an der Spalte der theilweise geöffneten Thür eines erwärmten Zimmers beschrieben haben, äußert sich im großen Bereich der Atmosphäre als Wind. Daher finden wir denn stets eine sehr innige Beziehung zwischen der Windrose, dem Thermometer und dem Barometer.

Winde, die in unserer Gegend aus Süd und Südwest kommen, bringen warme Luftströme, werden daher in der Regel zuerst durch das Fallen des Barometers angekündigt, sodann durch die Wetterfahne und endlich durch das Steigen des Thermometers. Gelangen dagegen Ströme kalter Luft mit den Nord- und Nordostwinden zu uns, so entspricht denselben ein Steigen des Barometers und ein Sinken der Temperatur. Im Winter tritt dieser Zusammenhang deutlicher hervor als im Sommer; in letzterer Jahreszeit addirt der bei großer Hitze vermehrte Gehalt der Luft an Wasserdampf seine Spannkraft zum Luftdruck und bewirkt hierdurch erhöhten Barometerstand.

Die aus Süd, Südwest und West wehenden Winde, über wärmere Länder und Meere streichend, bringen uns Luftströme, beladen mit Wasserdampf, der, in die kältere Gegend gelangend, alsbald in Gestalt von Regen sich niederschlägt; dagegen führen uns die Nord-, Nordost- und Ostwinde die Luft ausgedehnter kalter Flachländer und Eisfelder zu und zeichnen sich durch Kälte und Trockenheit aus.

In der Art und Weise, wie diese Winde mit einander wechseln, hat man das folgende Drehungsgesetz beobachtet: Auf Ostwind folgt Südost, dann Süd und Südwest, West und Nordwest, Nord und Nordost, endlich wieder Ost. Es findet zwar mitunter ein Zurückspringen des Windes, z. B. von West auf Südwest oder Süd Statt, dagegen ziemlich selten eine Umkehrung der Reihenfolge, so daß auf Ostwind, Nordost- und Nordwind folgen.

255 Eine merkwürdige Regelmäßigkeit zeigen die Passatwinde. Sie entstehen, indem die am Aequator erhitzte Luft sich erhebt und von den Polen dichtere, kalte Luftströme nach dem Aequator dringen. Durch die Umdrehung

der Erde erhalten diese jedoch zugleich eine mit dem Aequator parallele Richtung, so daß als mittlere aus beiden Richtungen der Passatwind auf der nördlichen Halbkugel eine nordöstliche, auf der südlichen Halbkugel eine südöstliche Richtung hat. An der Gränze, wo beide Luftströme sich berühren, heben sie sich auf, so daß eine Region der Windstille oder Calmen entsteht, welche den Nordostpassat von dem Südostpassat trennt. Diese regelmäßigen Winde machen sich erst in Entfernungen von 50 Meilen vom Lande recht fühlbar und

Fig. 255.



sind von großem Vortheil für die Schifffahrt. Der Nordostpassat war es, der den Columbus im Jahre 1492 von den canarischen Inseln über den atlantischen Ocean seiner unsterblichen Entdeckung entgegenführte.

Im indischen Ocean herrschen dagegen regelmäßig abwechselnde Winde, welche Moussons genannt und durch die Temperaturverhältnisse des ungeheuren asiatischen Festlandes veranlaßt werden. Von April bis October weht dort der Südwestwind, während der übrigen Jahreszeit der Nordostwind.

An den Meeresküsten begegnet man den ebenfalls sehr regelmäßig sich ablösenden Land- und Seewinden. Nach Sonnenaufgang geht ein Wind vom Meere nach dem Lande, weil letzteres von der Sonne viel schneller erwärmt

wird als das Wasser, so daß die über dem Lande aufsteigende warme Luft durch Luftströme vom Wasser her ersetzt wird. Nach Sonnenuntergang verhält es sich umgekehrt. Das Land erkaltet schneller und nun gehen Luftströme von da nach dem Wasser. Am Eingange von Thälern findet häufig eine ähnliche Erscheinung Statt.

Die Stürme oder Orcane sind Winde von ungeheurer Geschwindigkeit, indem sie bisweilen in einer Secunde einen Weg von 150 Fuß durcheilen. Sie erreichen ihre Heftigkeit vorzüglich dadurch, daß der in einem Theile der Atmosphäre enthaltene Wasserdampf sich plötzlich verdichtet, so daß die Luft mit Gewalt in den also entstehenden luftverdünnten Raum stürzt. Die Erscheinung der Sturmwinde ist daher auch stets mit einem starken Fallen des Barometers verbunden und durch dasselbe vorausverkündigt.

Zwischen den Wendekreisen treten öfter Stürme von furchtbarer Heftigkeit auf, die sogenannten Tornados und Hurrycans, welche sich in drehenden Wirbeln fortbewegen und in den Verwüstungen, die sie anrichten, eine wahrhaft unglaubliche Kraft äußern.

Wirbelwinde eigner Art sind die Tromben, die mitunter entstehen, wenn Winde oder Stürme in entgegengesetzter Richtung sich treffen und die alles Bewegliche in kreisende Bewegung versetzen, in die Luft wirbeln und mit fortführen. Auf dem Wasser erzeugen sie die sogenannten Wasserhosen oder Wassertromben, deren uns Fig. 255 eine veranschaulicht, welche im Jahre 1858 bei Königswinter auf dem Rheine beobachtet wurde. Die Wirkung derselben ist zuweilen sehr verderblich.

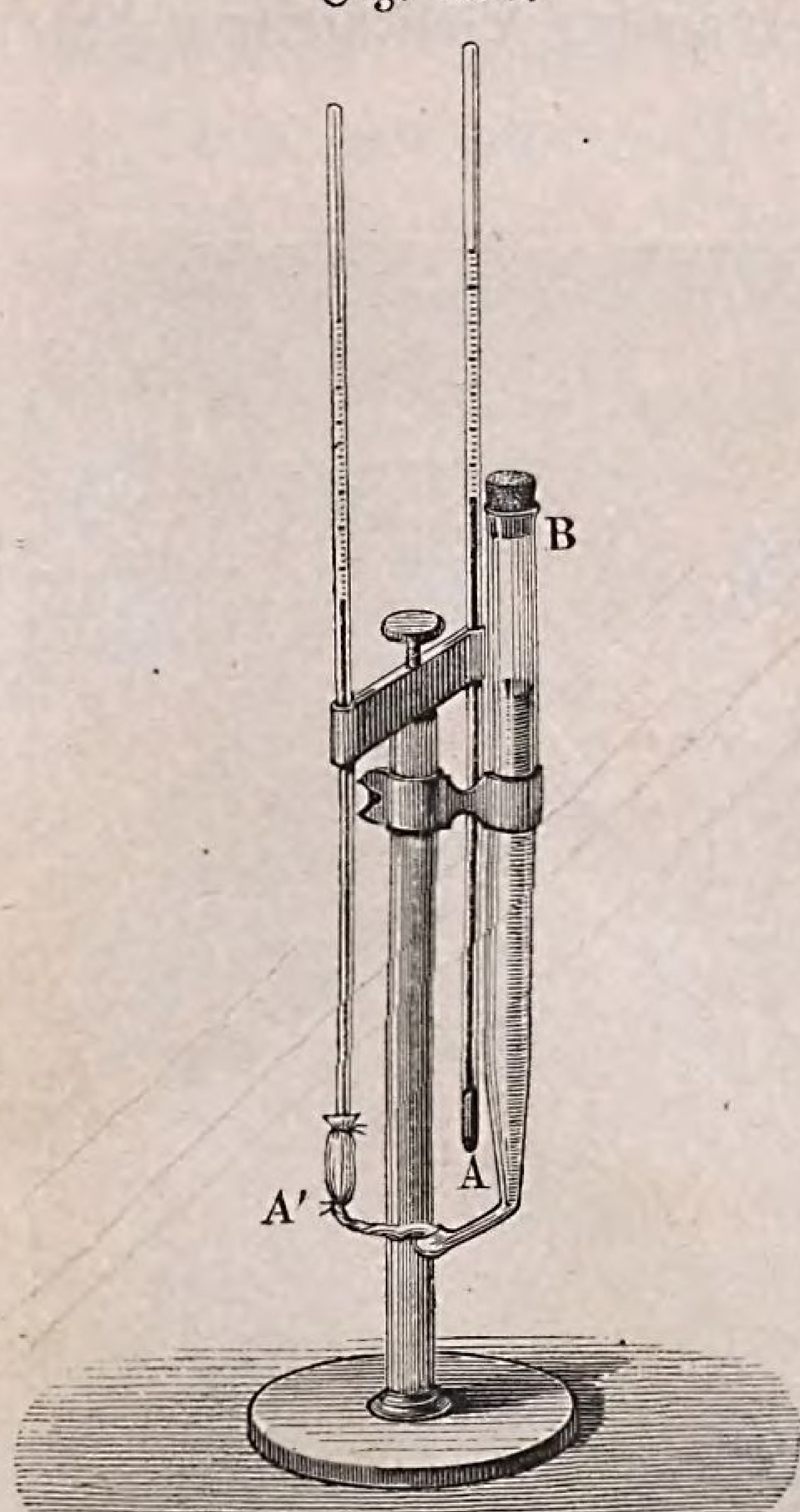
256 **Von der atmosphärischen Feuchtigkeit.** Der Wassergehalt der Luft ist abhängig von ihrer Temperatur und von dem Vorhandensein hinreichender Wassermengen für die dadurch mögliche Verdunstung. Ueber den Meeren der heißen Gegenden enthält ein Maaß Luft mehr Wasserdampf als ein gleiches Maaß Luft der kalten Steppen des nördlichen Asiens, oder der heißen, aber wasserlosen Sandwüsten Afrikas. Wir nennen die Luft eine mit Wasserdampf gesättigte, wenn sie wirklich so viel desselben enthält, als ihrer Temperatur entspricht. Feucht ist die Luft, wenn sie sich jenem Zustande nähert, trocken heißt sie dagegen, sobald sie bei weitem weniger Wasser enthält, als dies hinsichtlich der ihr eigenen Temperatur der Fall sein könnte. Daher läßt sich erklären, daß heiße Sommerluft, die wir für sehr trocken halten, im gleichen Raume dennoch mehr Wasser enthalten mag, als die feuchte Luft in kalter Jahreszeit.

Wenn die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, so vermag sie nicht neue Mengen desselben aufzunehmen, weshalb das mit ihr in Berührung gebrachte Wasser nicht verdunstet, an Menge daher nicht abnimmt. Sie erlangt jedoch die Fähigkeit, mehr Dampf aufzunehmen in dem Augenblicke, wo ihre Temperatur erhöht wird. Man hat verschiedene Mittel, um den Gehalt der Luft an Wasserdampf zu beurtheilen. So giebt es manche Körper, wie z. B. Kochsalz, die das Wasser aus nasser Luft anziehen und dadurch feucht werden oder endlich

gar zerfließen, wie dies die Pottasche thut. In noch höherm Grade wird der Wasserdampf durch Chlorcalcium und concentrirte Schwefelsäure angezogen.

Andere Körper verändern durch Anziehung des Wassers ihre Form. Es sind dies die porösen Körper, und zwar vorzugsweise die aus Haarröhren bestehenden, wie Pflanzentheile, Haare, Wolle, Saiten. Gelockte Haare rollen sich in feuchter Luft auf, indem sie schlaff werden. Das Quellen des Holzes, die Verstimmung der Saiten-Instrumente und manche andere Erscheinungen gehören hierher. Vorrichtungen, welche dienen, den Feuchtigkeitszustand der Luft zu bestimmen, heißen Hygrometer. Ein solches ist das Haarhygrometer, bei welchem durch die mehr oder minder starke Spannung eines Menschenhaares ein Zeiger in Bewegung gesetzt wird, der den Feuchtigkeitszustand der Luft angiebt. Aufs Genaueste erfährt man den Wassergehalt der Luft, wenn man ein abgemessenes Volum derselben durch eine Röhre leitet, welche eine der oben erwähnten Substanzen enthält, die den Wasserdampf mit größter Begierde anzieht und zurückhält und vor und nach dem Versuch gewogen wird.

Fig. 256.



Auch das Psychrometer, Fig. 256, dient zur Angabe des Wassergehaltes der Luft. Es besteht aus zwei Thermometern; die Kugel des einen *A′* ist mit einem Leinwandläppchen überzogen, welches durch Wasser genäßt wird, das aus dem Glasrohre *B* unten aussickert. Ist die Luft, welche das Instrument umgiebt, mit Wasserdampf vollkommen gesättigt, so werden beide Thermometer gleich hoch stehen; enthält die Luft jedoch weniger Wasserdampf, so wird auf der befeuchteten Kugel eine Verdunstung stattfinden und hierdurch das Quecksilber eine Abkühlung erleiden, so daß dieses Thermometer niedriger steht als das andere. Dieser Unterschied wird um so größer sein, je trockner die Luft, folglich je stärker die Verdunstung ist.

Wird die mit Wasserdampf gesättigte Luft 257
abgekühlt (z. B. durch Winde), so kann sie natürlich nur eine geringere Menge Wassers aufgelöst enthalten. Ein Theil desselben verdichtet sich daher und wird dem Auge als Nebel sichtbar, wenn diese Niederschlagung des Dampfes nahe an der Erde vor sich geht, oder als Wolke, wenn dies in der Höhe geschieht. Diese Nebelbildung sehen wir im Kleinen bei jedem Athemzug entstehen, wenn die warme mit Wasserdampf gesättigte Luft unserer Lunge in einen kälteren Raum ausgeathmet wird.

Nebel und Wolken bestehen aus einer großen Anzahl außerordentlich kleiner, hohler Wasserbläschen. Obgleich dieselben schwerer sind als Luft, so fallen sie doch nicht sogleich und plötzlich nach ihrer Entstehung auf die Erde herunter,

wird als das Wasser, so daß die über dem Lande aufsteigende ... von Luft-
Luftströme vom Wasser her ersetzt wird. Nach Sonner ... nem Orte zum
sich umgekehrt. Das Land erkaltet schneller und nun ... nd Gestalt entliehene
nach dem Wasser. Am Eingange von Thälern fin ... ichtwolke, die wieder
scheinung Statt. ... ge Haufenwolke, die unter

Die Stürme oder Orcane sind Win ... Federwolken sind es, die sich
indem sie bisweilen in einer Secunde e ... ; wenn umgekehrt die massigen
Sie erreichen ihre Heftigkeit vorzüglic ... aufzulösen, so verkündet dies den
Atmosphäre enthaltene Wasserdampf ... wolke nimmt die höchsten Regionen
Gewalt in den also entstehenden ... elben Anblick gewährt; ihre Erhebung
der Sturmwinde ist daher ...
verbunden und durch dass ...

Zwischen den W ... dichter werden, so gehen sie in die streifigen Haufen-
auf, die sogenannt ... oder, welche oft den ganzen Horizont mit einem blauschwarzen Farben-
Wirbeln fortbew ... ton überziehen und endlich in die eigentliche Regenwolke übergehen.
unglaubliche ... In unserem Bilde, Fig. 257, sind die genannten Wolkenformen durch

Wi ...

wenn ...

all ...

Fig. 257.



schwebende Vögel bezeichnet und zwar durch einen, die Schichtwolke; durch zwei, die Federwolke; durch drei, die Haufenwolke; durch vier, die Regenwolke.

Regen entsteht, wenn Wolken von Winden ungehindert in tiefere Luft- 258
ten sich senken, die mit Feuchtigkeit gesättigt sind, so daß die Bläschen durch schlagung neuer Wassertheilchen sich vergrößern, bis sie endlich, Tröpfchen schnell zur Erde fallen, und dabei fortwährend an Umfang zunehmen. Wassermenge, welche in Jahresfrist durch den Regen einem Lande zu- d, ist vom bedeutendsten Einfluß auf dessen Klima, Fruchtbarkeit und stand. Dieselbe ist abhängig von der Lage, Höhe und Tempera- und zwar ist die Regenmenge innerhalb großer Continente ent- als auf Küstengebieten und Inseln. Man bedient sich geeig- en, sogenannter Regenmesser, Ombrometer, um den res fallenden Regen aufzufangen. Man erhält eine Wasser- wie hoch sich der Boden mit Wasser bedeckt haben würde, eingeschluckt worden oder verdunstet wäre. Die Regenmenge dener Länder bietet außerordentliche Unterschiede dar. Aus dem Innern Afrikas, die Wüsten der Sahara einschließend, erstreckt sich eine völlig regenlose Region bis nach Vorderasien, an Umfang beinahe dem Festlande von Europa gleichkommend. Ebenso bietet das innere Asien ein großes regenloses Gebiet. Amerika hat auf seiner Ostküste in Mexiko einige kleinere Gebiete und in Peru und Chili einen längern Streifen, wo niemals Regen fällt.

Für nachfolgende Orte beträgt die jährliche Regenmenge in pariser Zollen:

Petersburg	17	Dover	44
Stockholm	19	Genua	44
Paris	21	Rio Janeiro	55
Regensburg	21	Bombay	73
London	23	Bergen	83
Lissabon	25	Habana	85
Rom	29	St. Domingo	100.

Wie man sieht, ist die Regenmenge in den Tropenländern erstaunlich groß, indem dort meist eine Regenzeit von mehreren Monaten die Stelle unseres Winters vertritt.

In Europa nimmt die Anzahl der durchschnittlichen jährlichen Regentage nach Norden zu; in Deutschland herrschen die Sommerregen vor, indem von den 80 Regentagen des Jahres 42 auf den Sommer und 38 auf den Winter kommen. Die Sommerregen sind jedoch bei weitem wasserreicher als die des Winters, und ihre Regenmenge ist ungefähr die doppelte von der des Winters.

Der Schnee entsteht, wenn die kleinen Wassertheilchen, aus welchen die Wolken bestehen, in Regionen gelangen von so niederer Temperatur, daß sie gefrieren. Dieselben reihen sich alsdann zu feinen Eisnadeln, die sich zu äußerst zierlichen, regelmäßigen Gestalten gruppiren, deren einige in Fig. 258 (a. f. S.) abgebildet sind. Allen liegt ein regelmäßiger, sechsstrahliger Stern zu Grunde. Gelangt der niederfallende Schnee in wärmere Luftschichten, so entstehen durch theilweises Schmelzen und Zusammenballen größere, unregelmäßige Flocken.

In Hinsicht auf den Hagel ist es schwierig zu erklären, wie oft mitten im

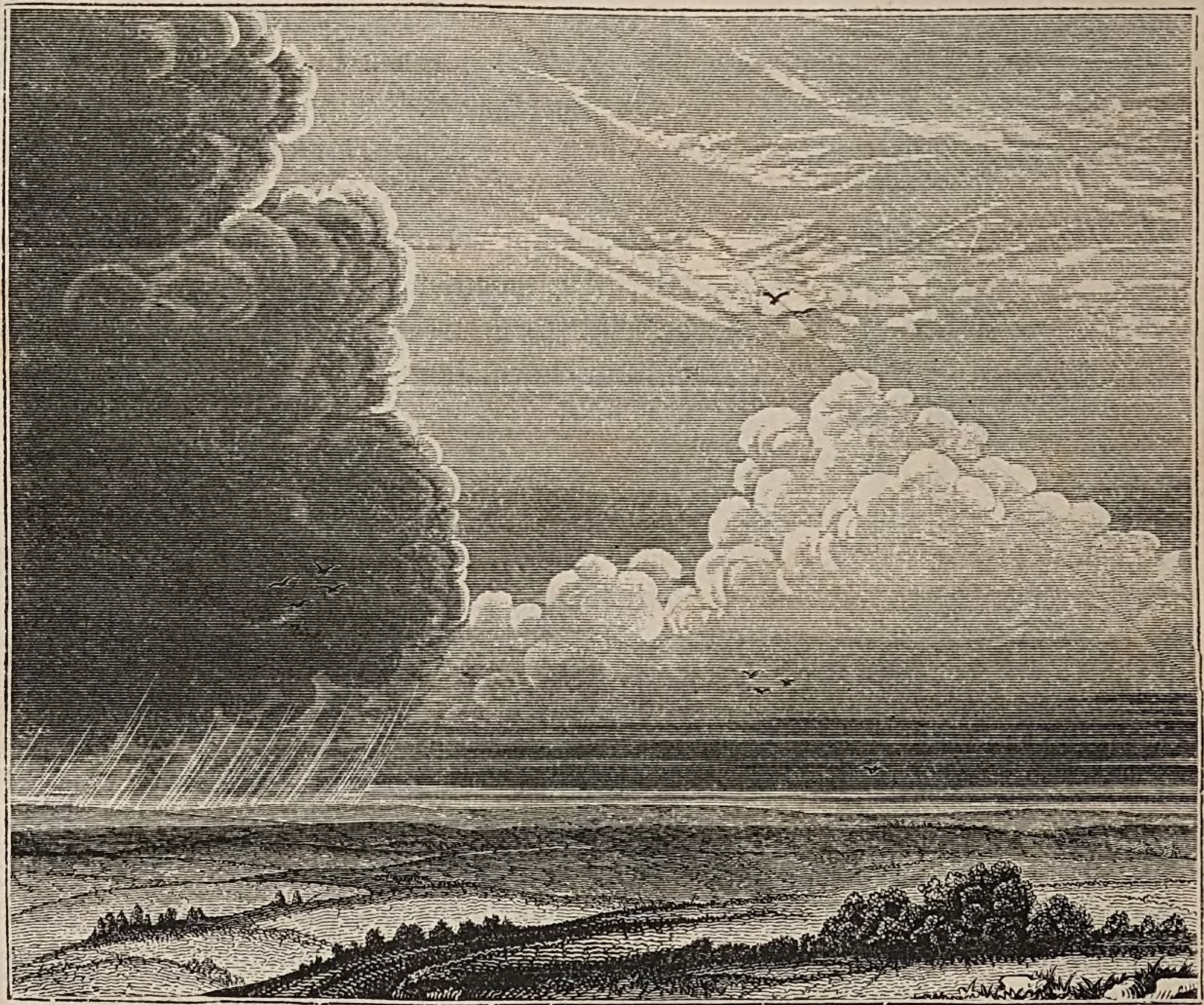
sondern ähnlich wie dies bei einer Seifenblase geschieht, werden sie von Luftströmungen oft längere Zeit in der Höhe erhalten und von einem Orte zum andern getrieben.

Man hat den Wolken verschiedene, von ihrer Masse und Gestalt entliehene Namen gegeben, wie Federwolke, Haufenwolke, Schichtwolke, die wieder verschiedene Mittelarten bilden, wie z. B. die federige Haufenwolke, die unter dem Namen der Schäfchen bekannt ist. Die Federwolken sind es, die sich zuerst einstellen nach vollkommen heiterm Wetter; wenn umgekehrt die massigen Haufenwolken beginnen sich in Federwolken aufzulösen, so verkündet dies den Uebergang zu heiterm Wetter. Die Federwolke nimmt die höchsten Regionen ein, da sie auf hohen Bergen noch denselben Anblick gewährt; ihre Erhebung wird auf 20 000 Fuß geschätzt.

Wenn die Haufenwolken dichter werden, so gehen sie in die streifigen Haufenwolken über, welche oft den ganzen Horizont mit einem blauschwarzen Farbentone überziehen und endlich in die eigentliche Regenwolke übergehen.

In unserem Bilde, Fig. 257, sind die genannten Wolkenformen durch

Fig. 257.



schwebende Vögel bezeichnet und zwar durch einen, die Schichtwolke; durch zwei, die Federwolke; durch drei, die Haufenwolke; durch vier, die Regenwolke.

Regen entsteht, wenn Wolken von Winden ungehindert in tiefere Luftschichten sich senken, die mit Feuchtigkeit gesättigt sind, so daß die Bläschen durch Niederschlagung neuer Wassertheilchen sich vergrößern, bis sie endlich, Tröpfchen bildend, schnell zur Erde fallen, und dabei fortwährend an Umfang zunehmen. 258

Die Wassermenge, welche in Jahresfrist durch den Regen einem Lande zugeführt wird, ist vom bedeutendsten Einfluß auf dessen Klima, Fruchtbarkeit und Gesundheitszustand. Dieselbe ist abhängig von der Lage, Höhe und Temperatur des Ortes, und zwar ist die Regenmenge innerhalb großer Continente entschieden geringer, als auf Küstengebieten und Inseln. Man bedient sich geeigneter Vorrichtungen, sogenannter Regenmesser, Ombrometer, um den innerhalb eines Jahres fallenden Regen aufzufangen. Man erhält eine Wassersäule, die angiebt, wie hoch sich der Boden mit Wasser bedeckt haben würde, wenn es nicht eingeschluckt worden oder verdunstet wäre. Die Regenmenge verschiedener Länder bietet außerordentliche Unterschiede dar. Aus dem Innern Afrikas, die Wüsten der Sahara einschließend, erstreckt sich eine völlig regenlose Region bis nach Vorderasien, an Umfang beinahe dem Festlande von Europa gleichkommend. Ebenso bietet das innere Asien ein großes regenloses Gebiet. Amerika hat auf seiner Ostküste in Mexiko einige kleinere Gebiete und in Peru und Chili einen längern Streifen, wo niemals Regen fällt.

Für nachfolgende Orte beträgt die jährliche Regenmenge in pariser Zollen:

Petersburg	17	Dover	44
Stockholm	19	Genua	44
Paris	21	Rio Janeiro	55
Regensburg	21	Bombay	73
London	23	Bergen	83
Lissabon	25	Habana	85
Rom	29	St. Domingo	100.

Wie man sieht, ist die Regenmenge in den Tropenländern erstaunlich groß, indem dort meist eine Regenzeit von mehreren Monaten die Stelle unseres Winters vertritt.

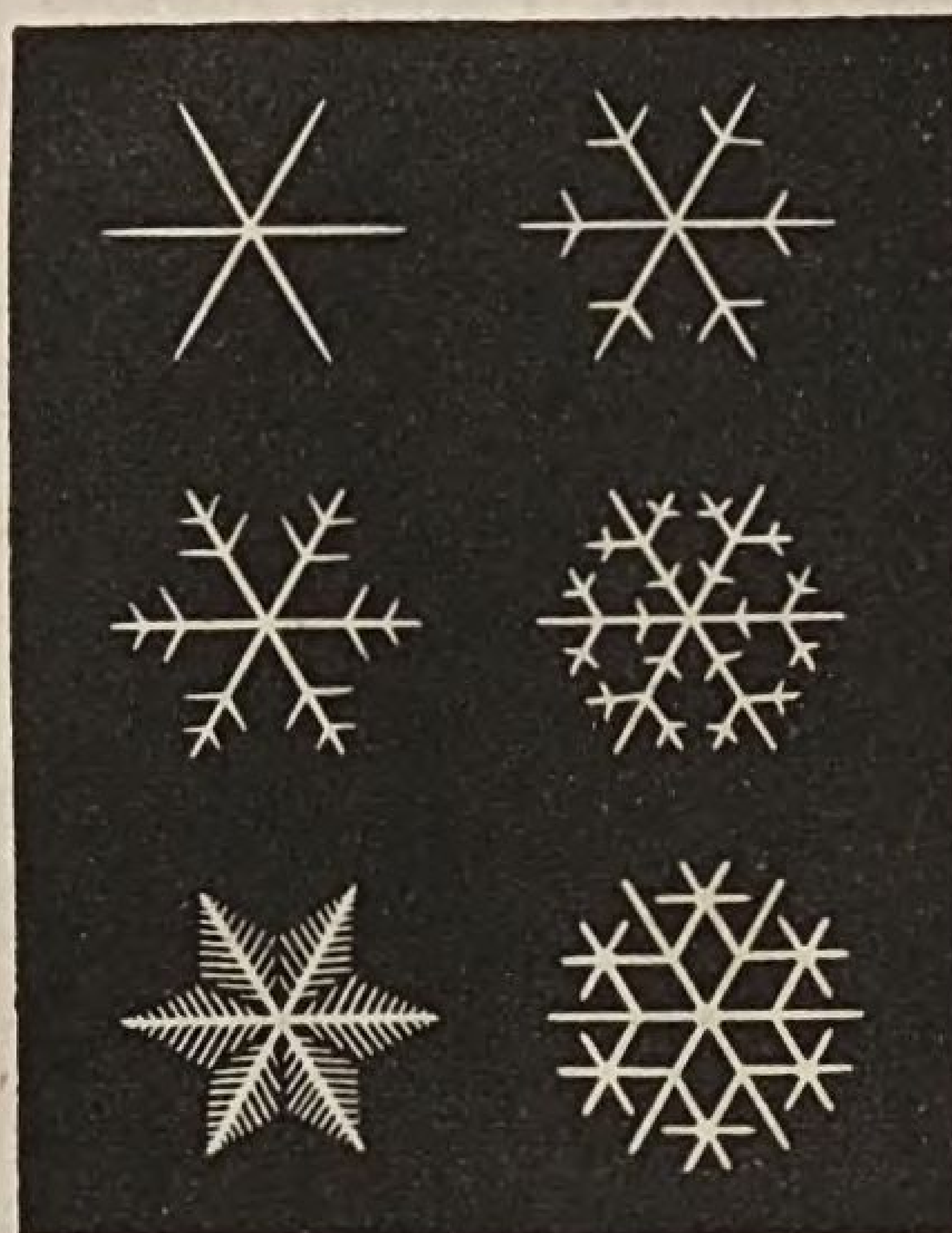
In Europa nimmt die Anzahl der durchschnittlichen jährlichen Regentage nach Norden zu; in Deutschland herrschen die Sommerregen vor, indem von den 80 Regentagen des Jahres 42 auf den Sommer und 38 auf den Winter kommen. Die Sommerregen sind jedoch bei weitem wasserreicher als die des Winters, und ihre Regenmenge ist ungefähr die doppelte von der des Winters.

Der Schnee entsteht, wenn die kleinen Wassertheilchen, aus welchen die Wolken bestehen, in Regionen gelangen von so niederer Temperatur, daß sie gefrieren. Dieselben reihen sich alsdann zu feinen Eisnadeln, die sich zu äußerst zierlichen, regelmäßigen Gestalten gruppiren, deren einige in Fig. 258 (a. f. S.) abgebildet sind. Allen liegt ein regelmäßiger, sechsstrahliger Stern zu Grunde. Gelangt der niederfallende Schnee in wärmere Luftschichten, so entstehen durch theilweises Schmelzen und Zusammenballen größere, unregelmäßige Flocken.

In Hinsicht auf den Hagel ist es schwierig zu erklären, wie oft mitten im

Sommer, bei großer Hitze, aus schwarzen tiefgehenden Wolken eine ungeheure Masse von Eis in Gestalt kleiner Körner sich bilden und herabfallen kann.

Fig. 258.



Man nimmt an, es befinde sich in solchen Wolken Wasserdampf, der, ohne zu erstarren, unter den Gefrierpunkt erkaltet sei; sobald nun in dieselben aus höheren Wolkenschichten verdichtete Schneeflocken, sogenannte Graupelkörner, herabfallen, so erhalten sie durch Niederschlagung jenes erkalteten Dampfes einen Ueberzug von Eis, wodurch die Hagelkörner entstehen, die mitunter ein Gewicht von mehreren Lothen, ja von ein viertel bis ein halb Pfund erreichen und furchtbare Verwüstungen anrichten. So durchzog im Jahre 1788 ein solches Hagelwetter ganz Frankreich von den Pyrenäen bis nach Holland, und verheerte in etwa 6 Stunden die Ernten von 1039 Gemeinden, deren Schaden man auf 12 Millionen Gulden berechnete.

Thau und Reif. Nach Sonnenuntergang strahlt die Oberfläche der Erde die während des Tages aufgenommene Wärme in den Himmelsraum. Dadurch erkaltet sie dann häufig so stark, daß die in den unteren Luftschichten aufgelösten Dämpfe sich zu Wasser verdichten, welches an allen Gegenständen als Thau sich anlegt. Da Pflanzen, namentlich Gräser, ein stärkeres Wärmestrahlungsvermögen besitzen als Erde und Steine, so erscheinen erstere des Morgens vorzugsweise bethaut. Bei bewölktem Himmel wird die Wärmeausstrahlung durch die Wolken vermindert, weshalb alsdann kein Thau erfolgt. Ebenso wenig schlägt sich Thau unter Zelten, Decken und Tischen nieder, die man im Freien aufstellt.

Sind die Gegenstände, an welche der Thau sich anlegt, unter den Gefrierpunkt erkaltet, so wird er in Eis verwandelt und Reif genannt.

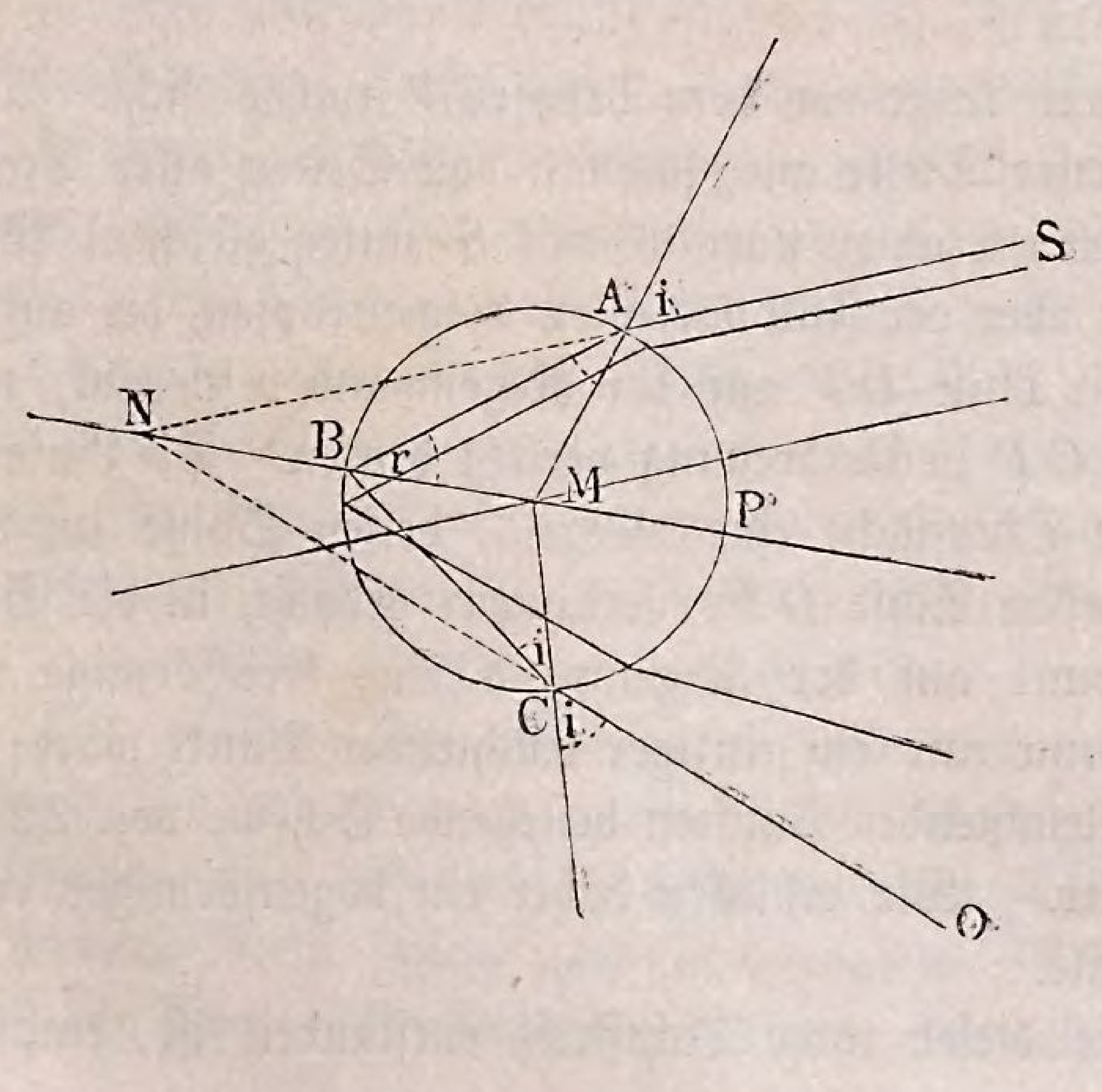
259 **Die Lichterscheinungen im Bereiche der Atmosphäre.** Das liebliche Blau unseres heitern Himmels verdanken wir der Gegenwart jener Lufthülle, welche als Atmosphäre die Erde umgiebt; denn nicht nur bewirken die Lufttheilchen, indem sie das Licht der Sonne reflectiren und nach allen Richtungen zerstreuen, die Erhellung der Atmosphäre, sondern sie verleihen auch dem Himmel seine Farbe, weil sie vorzugsweise das blaue Licht reflectiren. Wäre die Luft gar nicht vorhanden oder vollkommen durchsichtig, so würde der ganze Himmelsraum schwarz erscheinen. In der That ist über sehr hohen Bergen der Himmel tief dunkel blau, weil daselbst durch die weniger hohe und dichte Luftschicht der schwarze Hintergrund des Weltraums dringt. Auch in der Ebene erscheint gerade über unserm Haupte die Luft dunkler blau als am Horizont, weil wir, nach letzterm blickend, durch eine Luftschicht von größerer Ausdehnung sehen, als die über uns befindliche ist. Entfernte Gegenstände,

insbesondere Berge, erhalten eine blaue Färbung durch die Luftschicht, welche zwischen denselben und unserm Auge sich befindet, ja wir schätzen sowohl in der wirklichen als auch in der gemalten Landschaft die Entfernungen durch die Abstufung des blauen Lufttons.

Schwebt jedoch verdichteter Wasserdampf in der Luft, der weißes Licht zurückwirft, so wird hierdurch das Himmelblau blasser, und es überzieht mitunter ein weißlicher Schleier den ganzen Himmel. Dagegen ertheilen Wasserdämpfe in gewissen Uebergangsstufen ihrer Dichtigkeit, die Morgens und Abends eintreten, dem Himmel jene lebhafte gelbe bis rothe Färbung, die als Morgenroth und Abendroth zu den schönsten Phänomenen gehören. Ersteres ist als Vorbote später eintretenden Regenwetters zu betrachten, während das Abendroth einen heitern Tag verspricht.

Der Regenbogen ist eine durch seine prachtvolle Erscheinung und durch 260
seine biblisch symbolische Bedeutung so ausgezeichnete Erscheinung, daß sie unsere Aufmerksamkeit in besonderm Grade erregt. Allgemein ist bekannt, daß Regen und Sonnenschein die Bedingungen seiner Entstehung sind; es liegt ferner nahe, daß dieselbe auf der Brechung und Zerlegung des Lichtes beruht, wenn man sich an die durch das Prisma hervorgerufenen Farben des Spectrums (§. 201) erinnert, welche in Ton und Reihenfolge mit denen des Regenbogens übereinstimmen. Noch eine andere Erscheinung leitet uns auf die Ursache der Entstehung des Regenbogens hin. Nicht selten hat man Gelegenheit, einen im Grase oder Gebüsch hängenden Regentropfen zu beobachten, der dem Auge einen lebhaft rothen Lichtstrahl zusendet. Indem man die Höhe des Auges nur ein wenig ändert, gelingt es leicht, denselben Tropfen der Reihe nach gelb, grün, blau und violett, oder auch ganz ungefärbt zu erblicken. Dies beweist, daß die auf den kugelförmigen Wassertropfen fallenden Lichtstrahlen gebrochen, zurückgeworfen und dabei in farbige Strahlen zerlegt werden, die dem Auge sichtbar werden, wenn es den in gewisser Richtung austretenden Strahlen begegnet. Wir können uns daher den Fall denken, daß von sieben verschiedenen Tropfen gleichzeitig die sieben prismatischen Farben in unser Auge gelangen. Im Staubregen der Springbrunnen und Wasserfälle hat man Gelegenheit, dies zu beobachten.

Fig. 259.

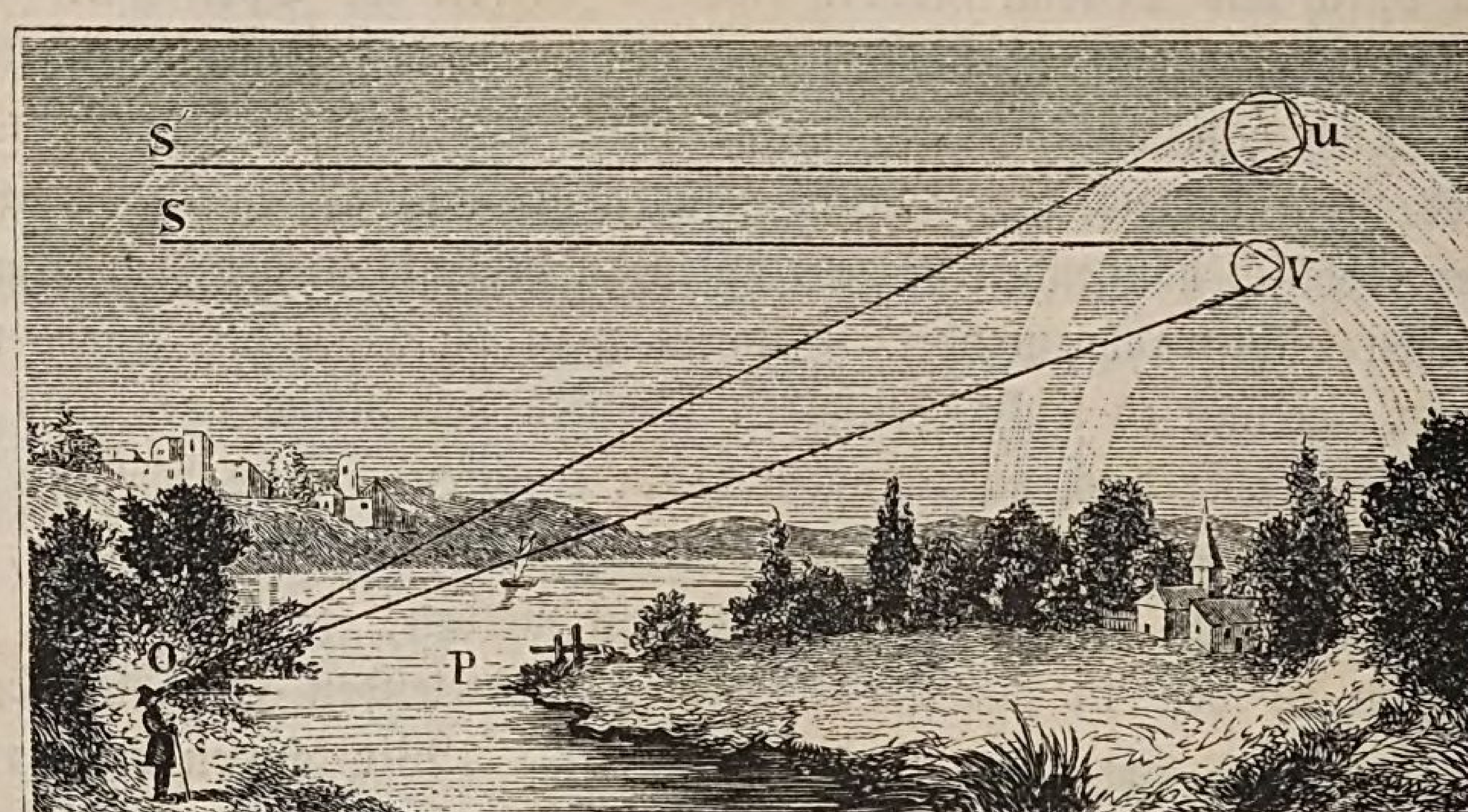


Betrachten wir vorerst näher das Verhalten eines Wassertropfens, Fig. 259, gegen die auf ihn fallenden parallelen Sonnenstrahlen, so werden diese beim

Eintreten in denselben gebrochen; sie gelangen alsdann auf seine hintere Wand und treten dort theilweise aus. Ein Theil der Lichtstrahlen wird jedoch von der hintern Wand zurückgeworfen, tritt daher auf der vordern wieder aus und erleidet dabei eine abermalige Brechung. Das Gesagte wird ersichtlich, indem wir den Lichtstrahl *SABCO* verfolgen. Wenn man eben so dem zweiten, mit *SA* parallelen Strahl folgt, so sieht man, daß derselbe beim Austreten mit *CO* nicht mehr parallel ist. In der That divergiren die von dem Tropfen reflectirten Strahlen nach ihrem Austritt so stark, daß ihr Lichteindruck zerstreut und außerordentlich geschwächt wird. Die genauere Untersuchung ergiebt jedoch, daß eine ziemlich große Anzahl von Lichtstrahlen wieder parallel austritt, wenn der Winkel *SNO*, welchen der einfallende Strahl *SA* mit dem austretenden *CO* macht, nahezu 42° 30′ ist. Befindet sich daher ein Auge in der Richtung *OC*, so empfängt es einen merklichen Lichteindruck und zwar von rothem Licht.

Der Regenbogen entsteht, wenn die von der im Rücken des Beobachters stehenden Sonne herkommenden parallelen Lichtstrahlen *SS*, Fig. 260, auf eine aus fallenden Regentropfen gebildete Wand treffen. Beträgt hier der Winkel

Fig. 260.



SVO 42° 30′, so empfängt das Auge von dem Tropfen *V* rothes Licht. Allein dies geschieht nicht nur von dieser Stelle aus, sondern von Seiten aller Tropfen der Regenwand, auf welche Lichtstrahlen parallel mit *S* unter gleichem Winkel (42° 30′) auffallen. Dies ist aber der Fall bei allen Regentropfen, die auf dem Kreisbogen liegen, welchen die Linie *OV* auf der Regenwand beschreibt, wenn wir uns dieselbe um die Achse *OP* in Umdrehung versetzt denken. Die Linie *OV* beschreibt alsdann zugleich die Oberfläche eines Kegels, dessen Spitze im Auge des Beobachters liegt und dessen Achse *OP*, verlängert gedacht, in die Sonne fällt. Das Auge würde somit auf der Regenwand eine kreisförmige rothe Linie erblicken, wenn die Sonne nur ein einziger leuchtender Punkt wäre; dieselbe ist aber eine aus vielen leuchtenden Punkten bestehende Scheibe von 32 Minuten scheinbarem Durchmesser. Wir erblicken daher ein bogenförmiges rothes Band von entsprechender Breite.

In ähnlicher Weise wie dieser rothe Lichtstreif entstanden ist, empfängt

das Auge von einem Kreise tiefer befindlicher Regentropfen violette Lichtstrahlen; es sind diejenigen, welche unter einem Winkel von 40° 30′ austreten. Zwischen roth und violett folgen die übrigen Farben in der Reihenfolge des Spectrums.

Unsere Darstellung zeigt einen Regenbogen im Augenblick des Sonnenaufgangs, in welchem die Sonnenstrahlen *SS* parallel zur Erdoberfläche sind. Die vom Auge des Beobachters *O* in der Richtung *OP* verlängerte Achse trifft in den gerade im Horizont liegenden Mittelpunkt des Regenbogens; der über dem Horizont sichtbare Bogen ist folglich ein Halbkreis. Wenn die Sonne jedoch sich erhebt, so sinkt dessen Mittelpunkt in gleichem Grade unter den Horizont und das sichtbare Bogenstück wird immer kleiner. Hat endlich die Sonne eine Höhe von 42° 30′ über dem Horizont erreicht, dann fällt der ganze Regenbogen unter den Horizont und ist nicht mehr sichtbar. Aus diesem Grunde erblicken wir im Sommer niemals zwischen 10 Uhr Vormittags und 4 Uhr Nachmittags einen Regenbogen. Während hierdurch ferner erklärt ist, daß wir stets nur einen bald größern oder kleinern farbigen Bogen erblicken, werden mitunter auf Spitzen von Bergen oder von Mastbäumen der Schiffe des Meeres Regenbogen beobachtet, die einen vollkommenen Kreis bilden.

Wenn der Regenbogen mit lebhafter Farbe auftritt, so erblickt man über demselben einen zweiten, größern, aber weit blassern Regenbogen, dessen Farbenreihe überdies umgekehrt ist; derselbe entsteht, wie bei *u*, Fig. 260, angedeutet ist, durch zweimalige Brechung und Reflexion, woher seine schwächere Färbung sich erklärt.

Die sogenannten **Höfe** um Sonne und Mond sind leuchtende, mitunter 261 farbige Ringe, die bald nahe, bald in weiterm Abstand jene Himmelskörper umgeben und durch Beugung und Brechung des Lichtes entstehen. Im Nebel und in dunsterfüllten Stuben bemerkt man zuweilen eine ähnliche Erscheinung als Umgebung der Kerzenflamme. Die obengenannten Höfe verkünden Regenwetter. Auf atmosphärischer Lichtbrechung beruht auch die mitunter auftretende Erscheinung der **Nebensonnen** und **Nebenmonde**.

Indem wir die **Sternschnuppen**, **Feuerkugeln** und **Meteorsteine** 262 im astronomischen Theile dieses Buches besprechen werden, haben wir hier noch den **Irrlichtern** oder Irrwischen einige Worte zu widmen. Man versteht darunter hüpfende oder tanzende kleine Flämmchen, die sich vorzüglich über Sümpfen und Mooren, aber auch auf Angern und Friedhöfen zeigen sollen. Sie verdienen ihren Namen insofern mit Recht, als bis jetzt die Naturwissenschaft noch vollständig im Ungewissen oder Irren über diese Erscheinung sich befindet, die obgleich sprüchwörtlich in Aller Munde, doch so selten auftritt, daß wir noch keine wissenschaftliche Beobachtung derselben besitzen, weshalb ihr Vorkommen überhaupt in Zweifel gezogen wird.

Die **elektrischen Erscheinungen in der Atmosphäre** treten am 263 Großartigsten als **Gewitter** auf. Wenn schwarze Wolken den Himmel bedecken, aus welchen Blitz auf Blitz in hellleuchtenden Zacken hervorbricht und der Donner krachend drein schlägt und in dumpfem Rollen sich verliert, dann haben wir in der That nichts Anderes als das Ueberschlagen ungeheurer, oft meilen-

langer elektrischer Funken aus einer Wolke auf die andere oder auf die Erde, während der Donner nur das verstärkte Knistern ist, welches den kleinsten, dem Elektrophor entlockten Funken begleitet.

Wenn wir auch keine genaue Vorstellung haben, auf welche Weise freie Elektricität in verschiedenen Wolken gesammelt wird, so hat doch Franklin schon im Jahre 1752 das Vorhandensein derselben bewiesen, indem er einen gewöhnlichen Papierdrachen während eines Gewitters in die Luft sich erheben ließ. Die Schnur desselben leitete hinlänglich Elektricität, um elektrische Erscheinungen zu zeigen. In verstärktem Grade erhält man diese, wenn ein dünner Draht in die Schnur eingeflochten wird. Man hat seitdem gefunden, daß die Atmosphäre sehr häufig in elektrischem Zustande sich befindet, auch wenn wir kein Gewitter wahrnehmen, so daß jene wunderbaren elektrischen Strömungen überall verbreitet sind, und manche Einflüsse ausüben und Erscheinungen veranlassen, die uns bis jetzt noch räthselhaft sind.

Nähert sich z. B. eine mit freier + Elektricität beladene Wolke der Erdoberfläche, so wirkt sie vertheilend auf die Elektricität derselben und — Elektricität strömt von der Erde nach der Wolke so lange, bis beide Elektricitäten sich ausgeglichen haben. Auf diese Weise gehen bei weitem die meisten elektrischen Wolken über die Erde hinweg, ohne von auffallenden Erscheinungen begleitet zu sein.

Ist die elektrische Wolke der Erde sehr nahe gekommen, und befinden sich an deren Oberfläche erhabene Gegenstände, durch welche vorzugsweise ein starkes Ausströmen der Elektricität stattfindet, wie Thürme, Bäume, Bergspitzen u. s. w., so vereinigen sich beide Elektricitäten unter Ueberspringen eines heftigen Funkens, was wir als das Einschlagen des Blitzes bezeichnen.

Der sogenannte Rückschlag bei Gewittern entsteht ähnlich, wie bei elektrischen Apparaten, in folgender Weise: Eine beispielweise mit positiver Elektricität beladene Wolke, die sich in der Nähe der Erdoberfläche befindet, bindet an letzterer eine entsprechende Menge von negativer Elektricität. Wird nun durch Ueberschlagen des Blitzes aus dieser Wolke in eine andere ihre positive Elektricität plötzlich abgeleitet, so erfolgt ebenso rasch eine Ausgleichung zwischen der gebundenen negativen Elektricität und abgestoßenen positiven Elektricität der Erdoberfläche und bewirkt den Rückschlag. Derselbe ist weniger heftig als der directe Schlag; er veranlaßt keine Entzündungen und an den durch ihn Getödteten findet man keinerlei gewaltsame Verletzung.

264 Die Blitzableiter machen ein Gewitter weniger gefährlich, indem sie der elektrischen Wolke beständig die entgegengesetzte Elektricität zuleiten und dadurch ihre Elektricität entweder aufzuheben oder doch sehr zu verringern im Stande sind. Schlägt indessen wirklich ein Funke aus der Wolke über, so wird er vorzugsweise in die hohe, eiserne Stange, aus welcher der Blitzableiter besteht, schlagen, und da jene außerhalb an den Gebäuden herunter in die Erde geführt ist, so wird der elektrische Strom diesem guten Leiter folgen und das Gebäude nicht berühren. Man kann annehmen, daß ein zweckmäßig eingerichteter Blitzableiter einen Umkreis beschützt, dessen Halbmesser ungefähr 20 Fuß beträgt.

Bekanntlich hört man den Donner etwas später, als der Blitz wahrgenommen wird. Es beruht dies darauf, daß der Schall viel langsamer sich fortpflanzt als das Licht. Nur wenn ein Gewitter unmittelbar über unseren Häuptern sich entladet, namentlich aber, wenn es in der Nähe einschlägt, bemerken wir Blitz und Donner gleichzeitig. Je länger dagegen die zwischen beiden erfolgende Pause, desto entfernter das Gewitter. Der Donner ist nicht weithin hörbar; der größte Zeitraum, welchen man bis jetzt zwischen Donner und Blitz beobachtet hat, beträgt 72 Secunden, was auf eine Entfernung von etwa 4 geographischen Meilen schließen läßt. Es ist dies eine geringe Entfernung im Vergleich zu der von 20 Meilen, in welcher der Kanonendonner noch vernommen worden ist. Auch das Rollen des Donners entsteht daher, daß der beim Durcheilen des Blitzes an verschiedenen Stellen seiner Bahn jedesmal entstehende Schall nach einander zum Ohre gelangt. Ist ein Gewitter sehr entfernt, so sieht man nur den Blitz, ohne den Donner zu hören, und nennt dies Wetterleuchten.

Die Wirkungen des Blitzes sind immer höchst gewaltsam, mitunter furchtbar. Er zertrümmert jedes Hinderniß, das im Wege liegt, schmilzt Metalle, entzündet brennbare Körper und tödtet Menschen und Thiere. In der Regel nimmt man an diesen keine Verletzung wahr. Dabei verbreitet er einen eigenthümlich erstickenden Geruch, den man in schwächerem Grade auch an kräftigen Elektrisirmaschinen wahrnimmt. Auch in der unorganischen Natur begegnet man Spuren der Wirkung furchtbarer Blitzschläge. So trifft man an Felsen der Hochgebirge Stellen, die durch die Hitze des einschlagenden Blitzes an der Oberfläche verglast sind. In den niederdeutschen Sandebenen findet man die sogenannten Blitzröhren, 1 bis 2 Zoll dick, 10 bis 20 Fuß lang. Innen verglast und auswendig aus zusammengebackenen Sandkörnern bestehend, sind sie das Werk eines Augenblicks, wenn der Blitz in den Boden einschlägt.

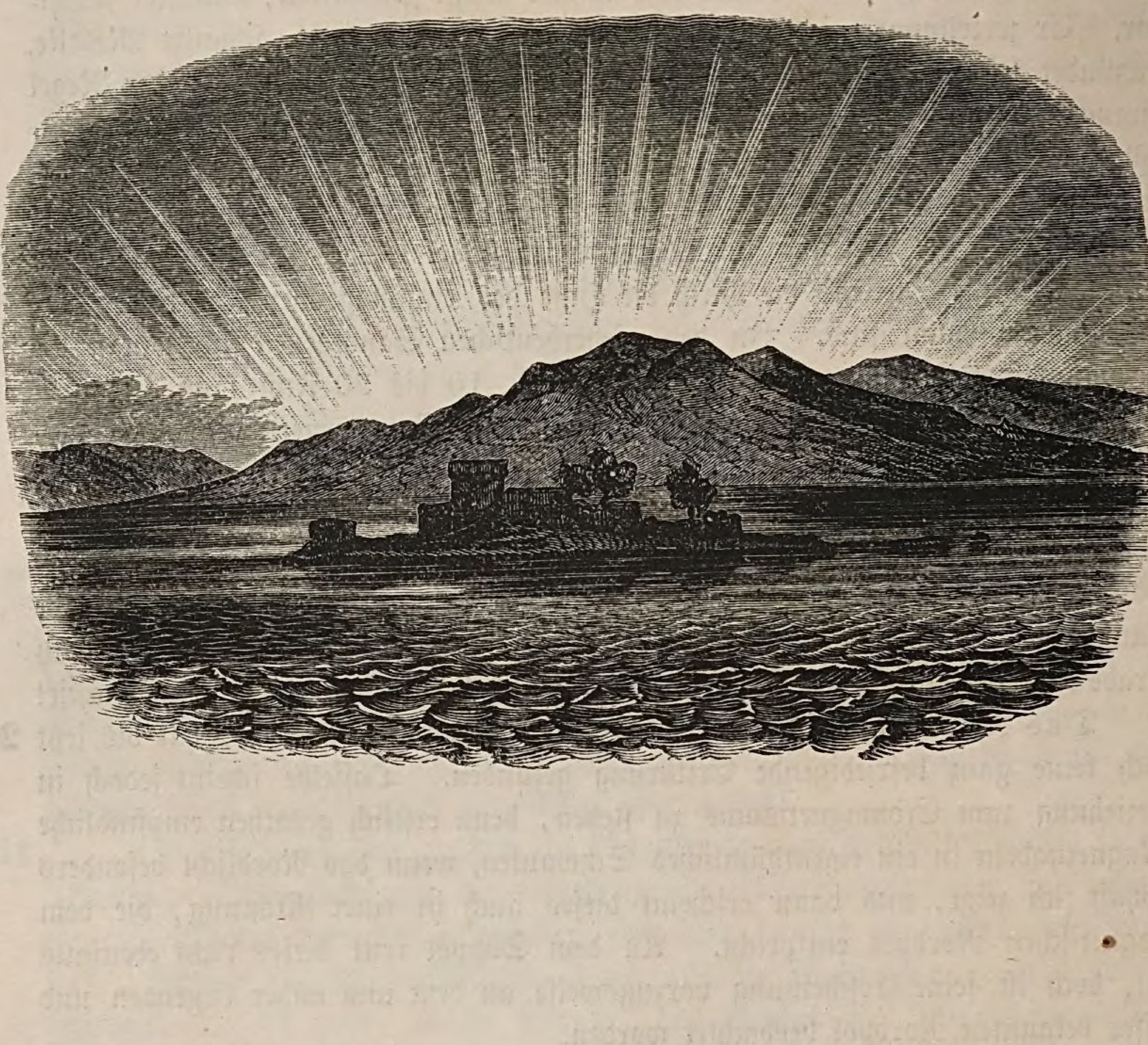
Da die Elektricität sich vorzugsweise in Spitzen anhäuft, so vermeidet man während des Gewitters die Nähe hervorragender Gegenstände, wie Thürme, Bäume, hohe Schornsteine u. s. w. Wahrhaft gefährlich sind einzeln stehende Bäume oder Baumgruppen auf freiem Felde, und jedes Jahr erreicht der Blitz gerade dort unglückliche Opfer, wo dieselben Schutz gegen Sturm und Regen suchen!

Das Nordlicht, eine der glanzvollsten Naturerscheinungen, hat bis jetzt 265
noch keine ganz befriedigende Erklärung gefunden. Dasselbe scheint jedoch in Beziehung zum Erdmagnetismus zu stehen, denn erstlich gerathen empfindliche Magnetnadeln in ein eigenthümliches Schwanken, wenn das Nordlicht besonders lebhaft sich zeigt, und dann erscheint dieses auch in einer Richtung, die dem magnetischen Nordpol entspricht. An dem Südpol tritt dieses Licht ebenfalls auf, doch ist seine Erscheinung vorzugsweise an dem uns näher liegenden und besser bekannten Nordpol beobachtet worden.

Das Nordlicht in seiner vollkommsten Pracht bildet gleichsam ein aus feurigen Strahlen bestehendes ungeheures Band, welches im Halbkreise über dem Horizonte steht, so daß seine Enden die Erde zu berühren scheinen. Herrlicher Farbenwechsel und wiederholtes Wachsen und Schwinden der Strahlen verleihen

ihm eine große Mannigfaltigkeit. Es erhellt oft vollkommen die wochenlangen Nächte der traurigen Polarländer, und selbst bis in unsere Gegenden ist sein gelbrother Schein in manchen Jahren deutlich am nördlichen Himmel sichtbar.

In seiner ganzen Schönheit sieht man es nur in den höheren Breitegraden, und die Abbildung, mit welcher wir die physikalischen Erscheinungen beschließen, kann natürlich eine Darstellung desselben nur andeuten wollen.





Astronomie.

„Und Gott sprach: Es werden Lichter an der Feste des Himmels, die da scheiden Tag und Nacht, und geben Zeichen, Zeiten, Tage und Jahre.“ B. Genes. I, 14.

Hülfsmittel: Eckhardt, Sternkarte. Darmstadt, Leske. Preis 1 Thlr.

Humboldt, A. v., Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung, 1. bis 5. Bd. gr. 8. 1845 bis 1862. Stuttgart, Cotta. Preis 9 Thlr.

Klein, H. J., Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung, gr. 8. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn, 1869. Preis 2 Thlr.

Lamont, Dr., Astronomie und Erdmagnetismus. gr. 8. 1851. Stuttgart, Franckh. Preis 2 Thlr. 6 Sgr.

Littrow, J. J. v., die Wunder des Himmels, oder gemeinfaßliche Darstellung des Weltsystems. Fünfte Auflage. gr. 8. 1866. Stuttgart, G. Weise. Preis 3 Thlr. 20 Sgr.

Mädler, Dr. J. H., populäre Astronomie. Sechste Auflage. gr. 8. 1865. Berlin, Heymann. Preis 2 Thlr. 20 Sgr.

Müller, J. Lehrbuch der kosmischen Physik. Zugleich als dritter Band zu sämmtlichen Auflagen von Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. Zweite, durch einen Anhang bereicherte Ausgabe der zweiten Auflage. Mit 316 in den Text eingedruckten Holzstichen und einem Atlas von 33 Stahlstichtafeln, zum Theil in Farbendruck. gr. 8. Fein Velinpap. geb. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn. Preis 4 Thlr.

Nell, A. M., der Planetenlauf. gr. 8. 1858. Braunschw., Fr. Vieweg u. Sohn. Preis 1 Thlr. 5 Sgr.

Brestel, Dr. M. A. F., astronomisches Diagramm. gr. 8. 1859. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn. Preis 3 Thlr. 20 Sgr.

Wetzel, E., Allgemeine Himmelskunde. Zweite Auflage. gr. 8. Berlin, Stubenrauch, 1870. Preis 2 Thlr. 28 Gr.

Die Astronomie ist die Wissenschaft von den Weltkörpern und ihren Bewe- 1
gungen. In Beziehung auf ihren Gegenstand ist die Astronomie ein Zweig der Physik, allein die Bedeutung und der Umfang der astronomischen Erscheinungen verlangen für dieselbe eine selbstständige Betrachtung. Es sind hier ganz vorzugsweise Bewegungserscheinungen, die unsere Aufmerksamkeit fesseln. Die Gesetze, welche denselben zu Grunde liegen, sind ganz dieselben, welche zum Theil in der Physik, in der Lehre vom Gleichgewicht und von der Bewegung

erläutert worden sind, und die Astronomie ist daher nicht unpassend als die Mechanik des Himmels bezeichnet worden.

2 Das Gebiet, in welchem die Erscheinungen der Astronomie sich darstellen, ist der Weltraum oder Himmel, und die in demselben auftretenden Massen sind die Welt- oder Himmelskörper, gewöhnlich Gestirne genannt. Wie wir in der Physik den Raum als etwas Unendliches bezeichnet haben, so stellen sich die Weltkörper als ein Unzähliges dar. Dieses Unerfaßliche und der genauen Vorstellung sich Verhüllende, diese unerreichbaren Entfernungen und ungeheuren Massen der Materie mit eben so undenkbarer Geschwindigkeit ihrer Bewegung — alles dieses verleiht den Erscheinungen der Astronomie und daher dieser Wissenschaft selbst etwas Erhabenes und Feierliches, welches anderen Gebieten der Naturwissenschaft nicht eigen ist.

> „Der Anblick unbegränzter Fernen und unabsehbarer Höhen, der weite Ocean zu des Menschen Füßen und der größere Ocean über ihm entreißen seinen Geist der engen Sphäre des Wirklichen und der drückenden Gefangenschaft des physischen Lebens."

Wenn wir in diesen Worten Schiller's den erhabenen Charakter der astronomischen Erscheinungen hinreichend bezeichnet finden, so folgt daraus keineswegs, daß die Astronomie, wie Viele es aussprechen, die erste und höchste aller Naturwissenschaften sei. Denn für den Naturforscher, welchem das ganze Bereich der Natur angehört, sind alle einzelnen Zweige ihrer Wissenschaft nichts anderes als Ringe einer in sich selbst zurücklaufenden Kette, aus der wir nicht ein einziges Glied herausnehmen können, ohne den Zusammenhang des Ganzen zu vernichten. Unrichtige Vorstellungen über das Wachsthum der unscheinbarsten Pflanze sind des nach Wahrheit strebenden Geistes ebenso unwürdig, als die Ungereimtheit der veralteten Ansichten über die Bewegungen der Himmelskörper.

3 Die Astronomie nimmt zur Betrachtung ihres Gegenstandes ganz vorzüglich die Mathematik zu Hülfe. Denn die wichtigsten Fragen in ihrem Gebiete beziehen sich auf Raum, Zahl und Zeit. Wie groß und wie weit, oder wie lang und wie oft? — dieses sind die ersten Fragen, welche wir an den Astronomen stellen.

Nur die Mathematik und besonders die höhere Meßkunst ist im Stande, hierauf die Antwort zu finden, und es ist gewiß, daß gerade erst durch diese Anfragen der Astronomie die hohe Ausbildung der mathematischen Wissenschaften erreicht worden ist.

Es ist daher unmöglich, den Wegen genau zu folgen, auf welchen die Astronomen die bedeutendsten ihrer Wahrheiten erreicht haben, ohne daß man selbst bedeutende Kenntnisse in der Mathematik sich angeeignet hat. Dagegen stellen die von den Gelehrten auf mühsamem Wege erreichten Entdeckungen und aufgefundenen Gesetze sich wenigstens in einfacher Weise dar, und sind auch demjenigen anschaulich zu machen, der nicht Mathematiker von Fach ist.

Die Astronomie erfordert außerdem eine öftere Anwendung von Gleichnissen, um manche ihrer Erscheinungen der Vorstellung leichter zugänglich zu machen. Es ist offenbar schwierig, sich die Größe unseres Erdballs zu denken,

allein noch schwieriger ist es, sich die millionenmal größere Sonne vorzustellen. Näher gerückt werden uns diese Verhältnisse dagegen, wenn wir die Erde als Hirsekorn und die Sonne als Kegelkugel bezeichnen. Wer vermag sich den unendlichen Weltraum zu denken mit seinen unzähligen darin sich bewegenden Gestirnen! Aber vergleichen läßt sich derselbe mit dem Raum eines Zimmers, in welchem zahllose Stäubchen durch einander wirbeln, wie diese im Sonnenstrahl sich zeigen, der einzeln ins Zimmer fällt.

So alt die Geschichte der Menschen ist, ebenso alt ist auch die Astronomie. 4

Denn derselbe Himmel, der heute noch um uns sich wölbt, erfreute schon vor Tausenden von Jahren mit seinem funkelnden Sternenheere den Blick des Menschen und erregte seine Aufmerksamkeit. Ja wir dürfen sagen, daß der ungebildete Sohn der Wildniß und der unstäte Bewohner ausgedehnter Steppen dem Himmel und seinen Erscheinungen mehr Aufmerksamkeit leihen, als die Bevölkerung unserer Städte. Denn jenen sind die Sterne zugleich Uhr, Wegweiser, Kompaß, Barometer und Kalender, während aus den engen Straßen der Städte nur selten der Blick sich zu dem Stückchen des Sternenzelts erhebt, welches ihrem Bewohner unverbaut geblieben ist.

Wir verdanken daher eine Reihe höchst wichtiger astronomischer Beobachtungen schon jenen ältesten Völkern, die wenig vorangeschritten in Künsten und Wissenschaften, als Hirten und Jäger doch des gestirnten Himmels bedurften, um Ort und Zeit zu bestimmen.

Es ist unverkennbar ein Vorzug der Astronomie vor anderen Theilen der 5
Naturwissenschaft, daß sie bis zu einem gewissen Grade fast ohne alle künstliche Hülfsmittel getrieben werden kann. Sobald das große Gestirn des Tages untergegangen ist, treten aus dem dunkler werdenden Raume die funkelnden Sterne hervor, indem die größeren zuerst erscheinen und nach und nach die kleineren nachfolgen, bis endlich Myriaden als prachtvolles Sternenzelt vor dem staunenden Blicke sich ausbreiten. Dieser freie nächtliche Himmel ist nun das Jedermann zugängliche Feld der Beobachtung, wo bei aufmerksamer Betrachtung eine Menge wichtiger Erscheinungen ohne weitere Hülfsmittel wahrgenommen werden können.

Während die Verfolgung der übrigen physikalischen Erscheinungen sogleich einer Menge von künstlichen und kostbaren Vorrichtungen bedarf, und die Chemie eine große Anzahl verschiedener Stoffe und Apparate zu Hülfe nimmt, erhebt die Astronomie nur den Blick zum hohen Himmelsraum und befindet sich mitten in ihrer Werkstätte, mitten im Gebiete fortwährender Welterscheinungen.

Allein so zugänglich auch eine Reihe ihrer Wahrheiten ist, so verschließt sich doch eine noch weit bedeutendere Anzahl derselben dem unbewaffneten Auge. Daher ist denn allerdings eine genaue Verfolgung der Himmelserscheinungen an die Mithülfe von Instrumenten gebunden, und der Umstand, daß die Erwerbung und Aufstellung derselben mit höchst bedeutenden Kosten verknüpft ist, macht die beobachtende Astronomie in der That nur Wenigen möglich.

Aus diesem Grunde blieben auch die astronomischen Kenntnisse der Alten auf einer gewissen Stufe der Unvollkommenheit stehen und erst von dem Augen-

blicke an, wo die Kunst durch Erfindung des Fernrohrs dem Auge neue Waffen verlieh, erweiterte sich das im Weltraum eroberte Gebiet, und die fortwährende Vervollkommnung der Instrumente steigerte in entsprechender Weise die Erfolge der Beobachtungen.

6 Der unverkennbare Einfluß der Sonne auf unsere Erdoberfläche, für welche sie die belebende Quelle des Lichtes und der Wärme ist, die auffallenden Veränderungen des Mondes in Gestalt und Zeit der Erscheinung mußten schon früher diesen beiden Weltkörpern eine hohe Bedeutung in den Augen der Völker verleihen, wofür die göttliche Verehrung derselben zum Theil noch heutigen Tages den besten Maßstab giebt. Nahe lag es dann, auch wohl den kleineren Gestirnen eine Beziehung zur Erde und ihren Bewohnern zuzuschreiben, obgleich diese nicht so deutlich hervortreten als bei den erstgenannten.

Begreiflich erscheint es daher, daß man zu einer Zeit, wo über die Bedeutung der Sterne und ihrer Erscheinungen unrichtige Vorstellungen herrschten, denselben eine andere zuschrieb und sie namentlich innig mit den Geschicken des Menschen verknüpfte. Für jedes große Ereigniß, für jede hervorragende Persönlichkeit, welche der beschränkte oder unentwickelte Geist der Völker nach den näher liegenden Bedingungen ihres Auftretens nicht zu erfassen vermochte, suchte man die Ursache in den Sternen.

So entstand denn jenes wunderliche Gemisch von willkürlichen Annahmen, von Täuschungen und Irrthümern über die Natur der Sterne, welches unter dem Namen der Astrologie oder Sterndeutekunst Jahrhunderte lang den Blick verdunkelte und verwirrte, anstatt zu erhellen und zu erweitern, das die Wissenschaft, in welche sich Aberglauben und Betrügerei eindrängte, in Verachtung und Verfolgung brachte, und ihre Fortschritte unendlich erschwerte, bis der menschliche Geist, auf vorurtheilsfreie Beobachtungen gegründet, diese beengenden Schranken durchbrechend, endlich erkannte, daß die Erde zwar ein Punkt des Raumes, aber nicht dessen Mittelpunkt sei, daß die Sterne Welten für sich, nicht aber Marksteine und Zeichen für die Geschicke der vergänglichen Geschlechter jener kleinen Erde seien.

7 Wenn wir es nun versuchen, in dem Folgenden eine Entwicklung der wichtigsten astronomischen Erscheinungen wahrzunehmen, so wird uns diese nicht wohl gelingen, ohne vorherige Erläuterung einer Anzahl von Hülfsmitteln, welcher diese Wissenschaft nothwendig bedarf, um ihre Resultate genau zu ermitteln und bestimmt auszudrücken. Dieselben sind vorzugsweise der Geometrie entlehnt und wenn sie zum Theil auch als sehr allgemein bekannt vorausgesetzt werden dürfen, so wird doch ein kurzer Ueberblick derselben dem Verständniß des Folgenden förderlich sein. Nachdem wir auf diese Weise mit der astronomischen Anschauungsweise, Sprache und Ausdrucksweise etwas bekannt geworden sind, gehen wir zur Betrachtung der Erscheinungen über, welche von unserm Wohnort aus am Tage und bei Nacht im Weltraum sich darstellen. Wir werden hierbei zu der wahren Einsicht über die Anordnung der Weltkörper gelangen und durch dieselbe die irrthümlichen Vorstellungen früherer Zeiten berichtigen.

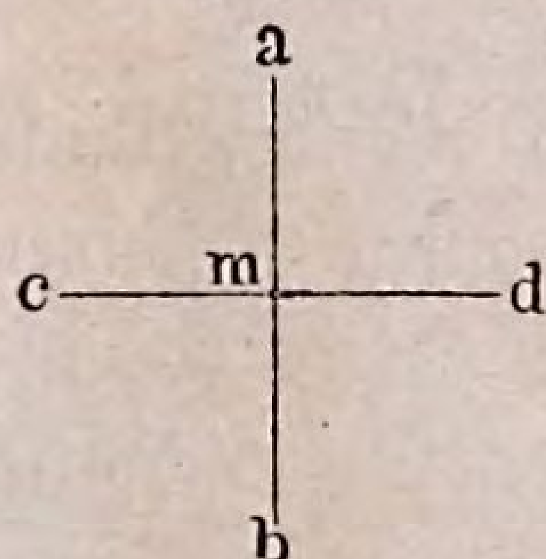
Auf diese Weise erhalten wir folgende Abtheilungen der Astronomie:

I. Hülfsmittel der astronomischen Beobachtung.
II. Allgemeine astronomische Erscheinungen.
III. Besondere astronomische Erscheinungen.

I. Hülfsmittel der astronomischen Beobachtung.

Winkel. Zeichnen wir auf eine Ebene, z. B. auf ein Blatt Papier, zwei 8
Linien ab und cd, Fig. 1, die sich gegenseitig in dem Punkte m schneiden, so wird die Ebene in vier Theile getheilt.

Fig. 1.

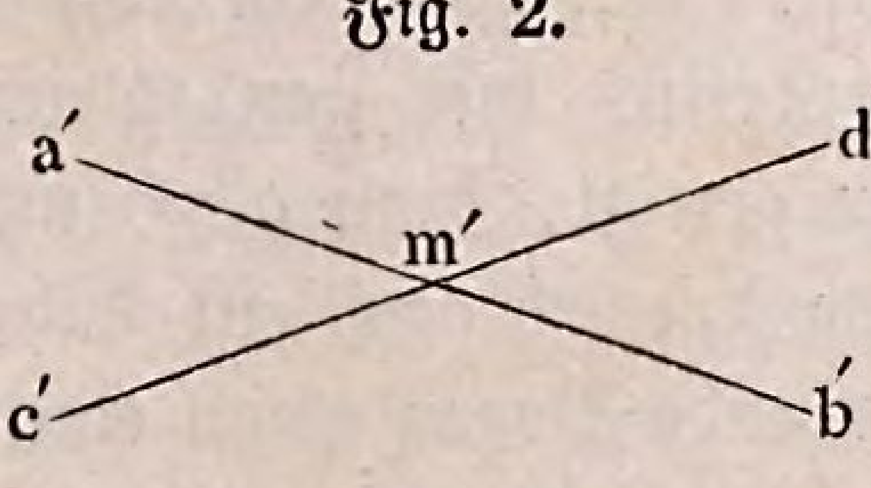


Man nennt jeden dieser Theile einen Winkel, die beiden Linien, welche denselben einschließen, dessen Schenkel, und den Punkt, in welchem diese sich schneiden, den Scheitel des Winkels. So sind am und cm die beiden Schenkel des Winkels amc.

Wenn wir die vier um den Punkt m liegenden Winkel mit einer Scheere herausschneiden, dieselben auf einander legen und dabei finden, daß sie genau dieselbe Größe haben, indem die erhaltenen vier Abschnitte sich vollkommen gegenseitig decken, so werden jene Winkel rechte Winkel genannt. Man sagt in diesem Falle, daß die Linien ab und cd sich unter rechten Winkeln schneiden, oder daß sie senkrecht auf einander stehen.

Betrachten wir dagegen Fig. 2, so lehrt uns der erste Blick, daß die Linien $a'b'$ und $c'd'$ sich nicht rechtwinklig schneiden,

Fig. 2.



sondern daß sie die Ebene in vier sehr ungleiche Winkel theilen. Indem wir dieselben herausschneiden und mit einem der aus Fig. 1 geschnittenen rechten Winkel vergleichen, so ergiebt es sich, daß der Winkel $a'm'c'$ kleiner ist, als der rechte Winkel amc, während der Winkel $a'm'd'$ beträchtlich größer erscheint als ein rechter.

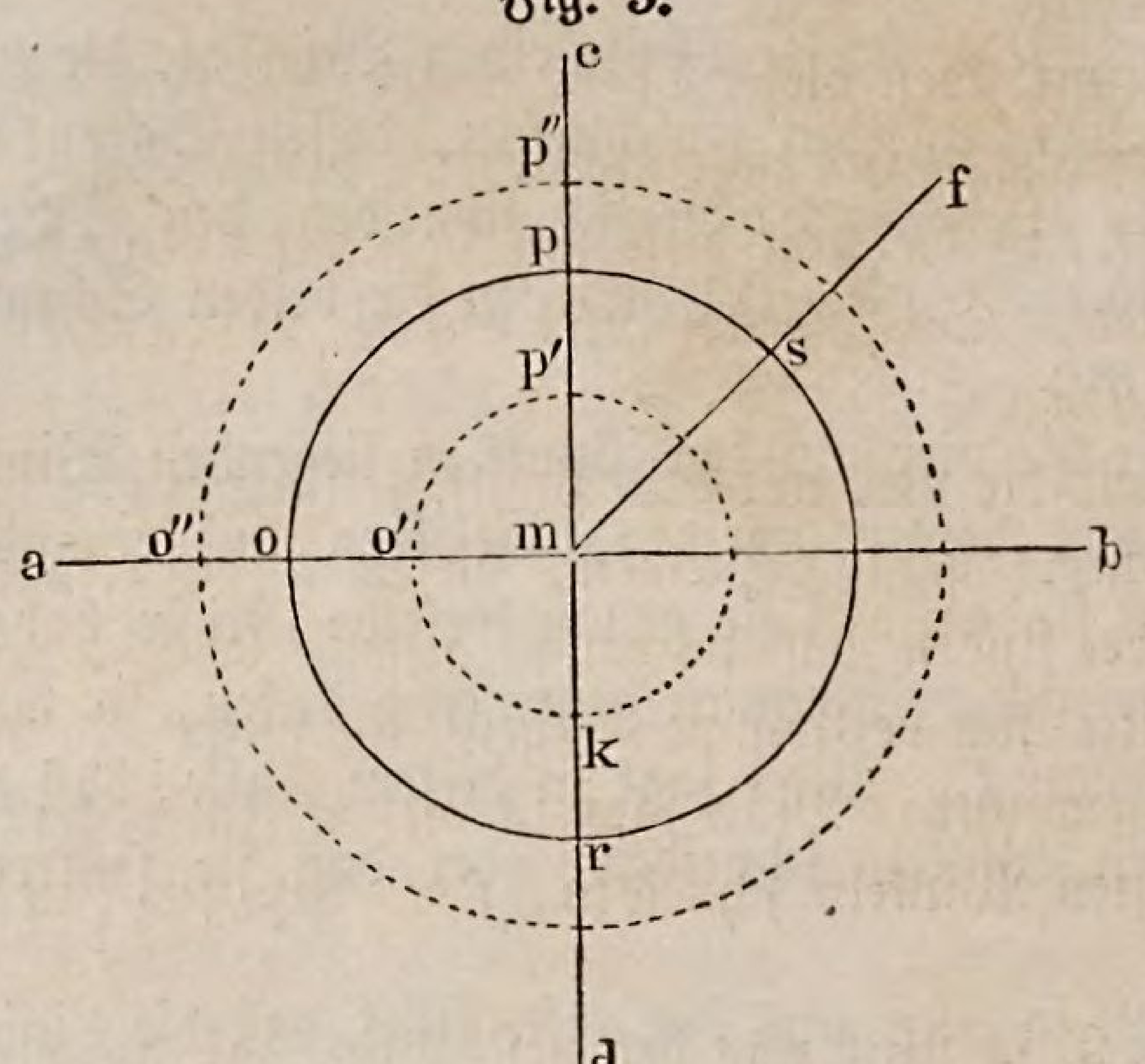
Ein Winkel, der kleiner ist als ein rechter Winkel, wird ein spitzer, ein solcher, der größer ist, ein stumpfer Winkel genannt. Um den Punkt m' liegen also die beiden spitzen Winkel $a'm'c'$ und $d'm'b'$ nebst den beiden stumpfen Winkeln $a'm'd'$ und $c'm'b'$. Eine einfache Verfolgung dieser Betrachtung lehrt uns ferner, daß um einen gegebenen Punkt nicht mehr als vier rechte Winkel oder nur drei stumpfe Winkel, dagegen eine unendliche Anzahl von spitzen Winkeln liegen können, sodann, daß von den Fig. 2 dargestellten vier Winkeln die je zwei einander gegenüberstehenden oder sogenannten Scheitelwinkel gleich sind, während die zwei Nebenwinkel $a'm'c'$ und $a'm'd'$ einander ungleich, zusammengenommen aber gleich zwei rechten Winkeln sind.

Diese Verhältnisse sind vollkommen unabhängig von der Länge der Schen-

kel, welche die Winkel einschließen. Denken wir uns in der That die Linien *ab* und *bc*, oder *a'b'* und *c'd'* ins Unendliche verlängert, so werden die am Durchschnittspunkte *m* und *m'* gebildeten Winkel unverändert dieselben bleiben.

9 Durch die Größe eines Winkels ist also stets die gegenseitige Neigung der denselben einschließenden Linien bestimmt. Auch die Lage eines Punktes gegen eine Ebene ist schon theilweise festgestellt, wenn wir den Winkel kennen, den eine von jenem Punkt nach irgend einem Punkte der Ebene gezogene Linie mit dieser bildet. Dieses verleiht dann dem Winkel eine so ganz ungemeine Wichtigkeit, daß wir in der That den Winkel als den unscheinbaren Schlüssel zu den bedeutendsten Wahrheiten bezeichnen können, und daß ein großer Theil der Thätigkeit des beobachtenden Astronomen in Winkelbetrachtungen besteht.

Fig. 3.



Es fragt sich jetzt nur, wie bestimmt man die Größe eines Winkels?

Um die Größe der Winkel bestimmt bezeichnen zu können, nimmt man den Kreis zu Hülfe. Ziehe ich um den Durchschnittspunkt *m*, Fig. 3, der beiden unter rechtem Winkel sich schneidenden Linien *ab* und *cd* einen Kreis (*opqro*), so sehe ich, daß über jedem der vier rechten Winkel ein Bogen steht, der genau ein Viertel des Kreises ist, z. B. über dem Winkel *amc* steht der Viertelkreis *op*. Daß die Größe des Kreises hier ganz gleichgültig ist, wird durch die beiden punktirten Kreislinien gezeigt, denn *o''p''* und *o'p'* sind ebenso gut Viertelkreise wie *op*. Der spitze Winkel *cmf* ist daher gleich einem halben rechten, da der über demselben stehende Bogen gleich einem Achtelkreis ist, und der stumpfe Winkel *amf* ist gleich anderthalb rechten, da sein Bogen gleich drei Achtel des Kreises ist.

Folglich können wir die Größe eines Winkels sehr genau bezeichnen, wenn wir angeben, der wievielste Theil eines Kreises der Bogen jenes Winkels ist.

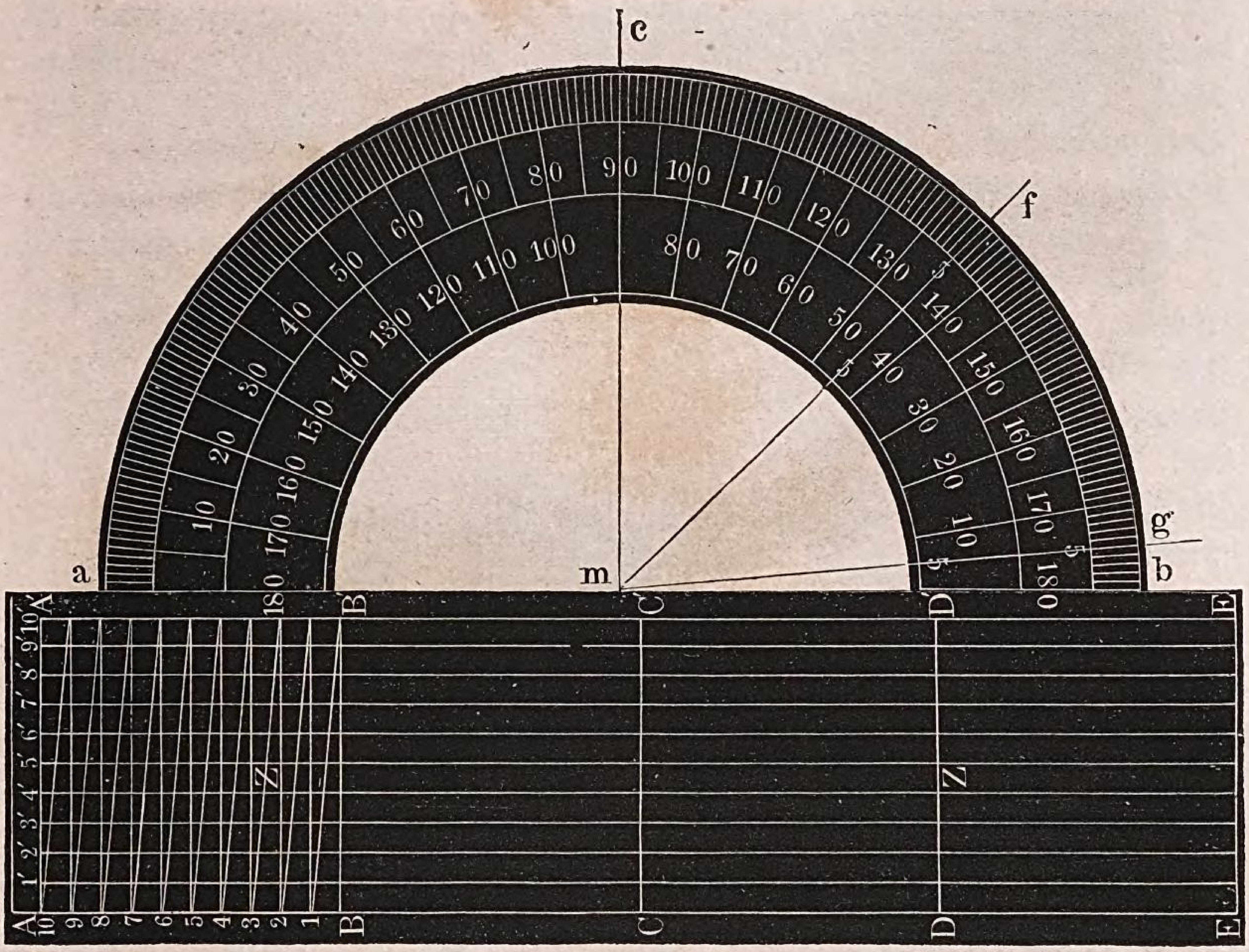
Zu diesem Ende theilt man den ganzen Kreis in 360 gleiche Theile, welche man Grade nennt. Jeder Grad wird nochmals in 60 Theile getheilt, die Minuten heißen, und jede dieser hat nochmals 60 Secunden.

Spreche ich daher von einem Winkel von 90 Graden, so ist dies nothwendig ein rechter Winkel, da 90 Grade der vierte Theil von den 390 Graden des ganzen Kreises sind. Jeder Winkel, der weniger als 90 Grade hat, ist ein spitzer Winkel, und jeder, der mehr Grade hat, ein stumpfer.

Man bedient sich, um die gezeichneten oder zu zeichnenden Winkel genau zu messen, einer einfachen Vorrichtung, welche Transporteur genannt wird und in der Regel von Messing verfertigt ist.

Der Transporteur, Fig. 4, ist ein ausgeschnittener Halbkreis, der in 180 Grade getheilt ist. Wollte man vermittels desselben die Winkel *amc*, *amf*,

Fig. 4.



cmf und *gmb* messen, so dürfen wir den Transporteur nur so anlegen, daß der Mittelpunkt des Halbkreises mit dem Scheitelpunkte der Winkel und sein Durchmesser mit einem der Schenkel jener Winkel zusammenfällt, und alsdann die Anzahl der Grade ablesen. Wir finden auf diese Weise, daß *amc* = 90 Grad, also ein rechter Winkel ist, *amf* = 135 Grad, daher ein stumpfer Winkel; *fmb* ein spitzer Winkel von 45 Grad oder gleich einem halben rechten; endlich *gmb* ist ein sehr spitzer Winkel von nur 5 Grad.

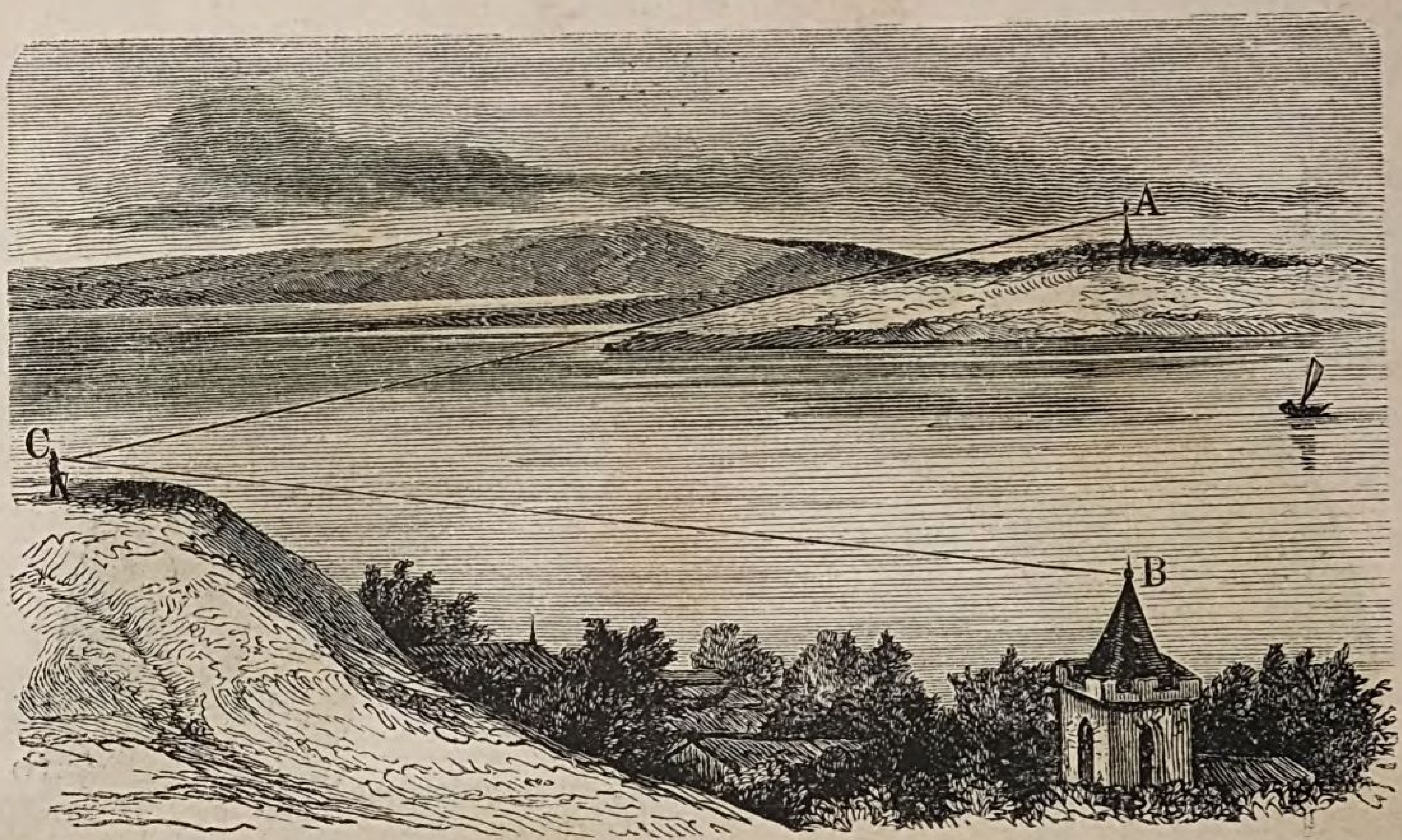
Wenn der Halbmesser, also auch der Umfang des in Grade getheilten Kreises größer ist als der hier dargestellte, so läßt sich ein jeder Grad leicht noch in Minuten und diese wieder in Secunden theilen, was bei genauen Messungen in der That der Fall sein muß. Man bezeichnet bei Angabe der Winkelgröße den Grad durch eine erhöhte Null, die Minute durch einen und die Secunde durch zwei erhöhte Striche. So z. B. bedeutet ein Winkel = $90^0\ 35'\ 16''$ so viel als ein Winkel von 90 Grad, 35 Minuten und 16 Secunden.

Mit dem Transporteur kann man nur einen gezeichneten Winkel messen. 10
Wenn es sich also darum handelt, den Winkel zu bestimmen, in welchem bloß gedachte Linien sich schneiden, so werden hierzu besondere Instrumente angewendet.

Es soll z. B. der Winkel bestimmt werden, welchen die von zwei entfernten Kirchthürmen *A* und *B*, Fig. 5 (a. f. S.), gedachten Linien bilden, wenn sie in

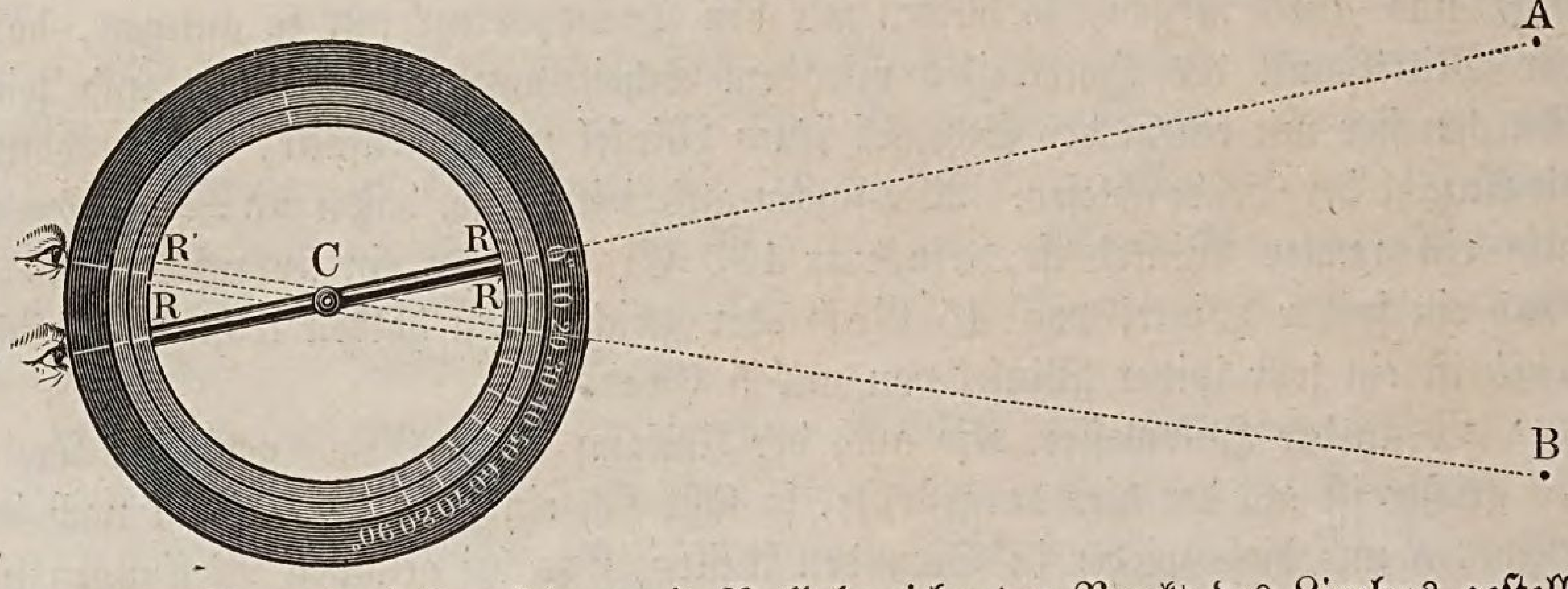
dem Punkte *C*, wo der Beobachter steht, zusammentreffen. Die einfachste Vorrichtung hierzu ist das **Winkelinstrument**, Fig. 6. Dasselbe besteht aus einem

Fig. 5.



metallenen Ringe, dessen Rand in Grade eingetheilt ist und welcher **Limbus** genannt wird. Im Mittelpunkte *C* dieses Kreises ist ein Stift befestigt, um welchen sich ein Stab *R R*, welcher die **Regel** heißt, wie ein Zeiger drehen läßt. Dieses Instrument wird nun auf einem kleinen Tische wagerecht aufgestellt und zwar so, daß sein Mittelpunkt *C* genau an der Stelle sich befindet, wo die von *A* und *B* gezogenen Linien sich schneiden sollen.

Fig. 6.



Die **Regel** wird auf den mit Null bezeichneten Punkt des Limbus gestellt und das Winkelinstrument so gerichtet, daß dem Auge der Punkt *A* in der Verlängerung der Regel erscheint. Hierauf dreht man diese so lange, bis der Punkt *B* in ihrer Verlängerung liegt, was der Fall ist, wenn sie die Stellung *R' R'* hat; hierbei beschreibt das Ende der Regel einen Bogen, der durch die Eintheilung des Limbus gemessen wird und der, wie man sieht, im vorliegenden Falle 20^0 beträgt. Folglich beträgt der Winkel bei *C*, über welchem dieser Bogen steht, 20^0.

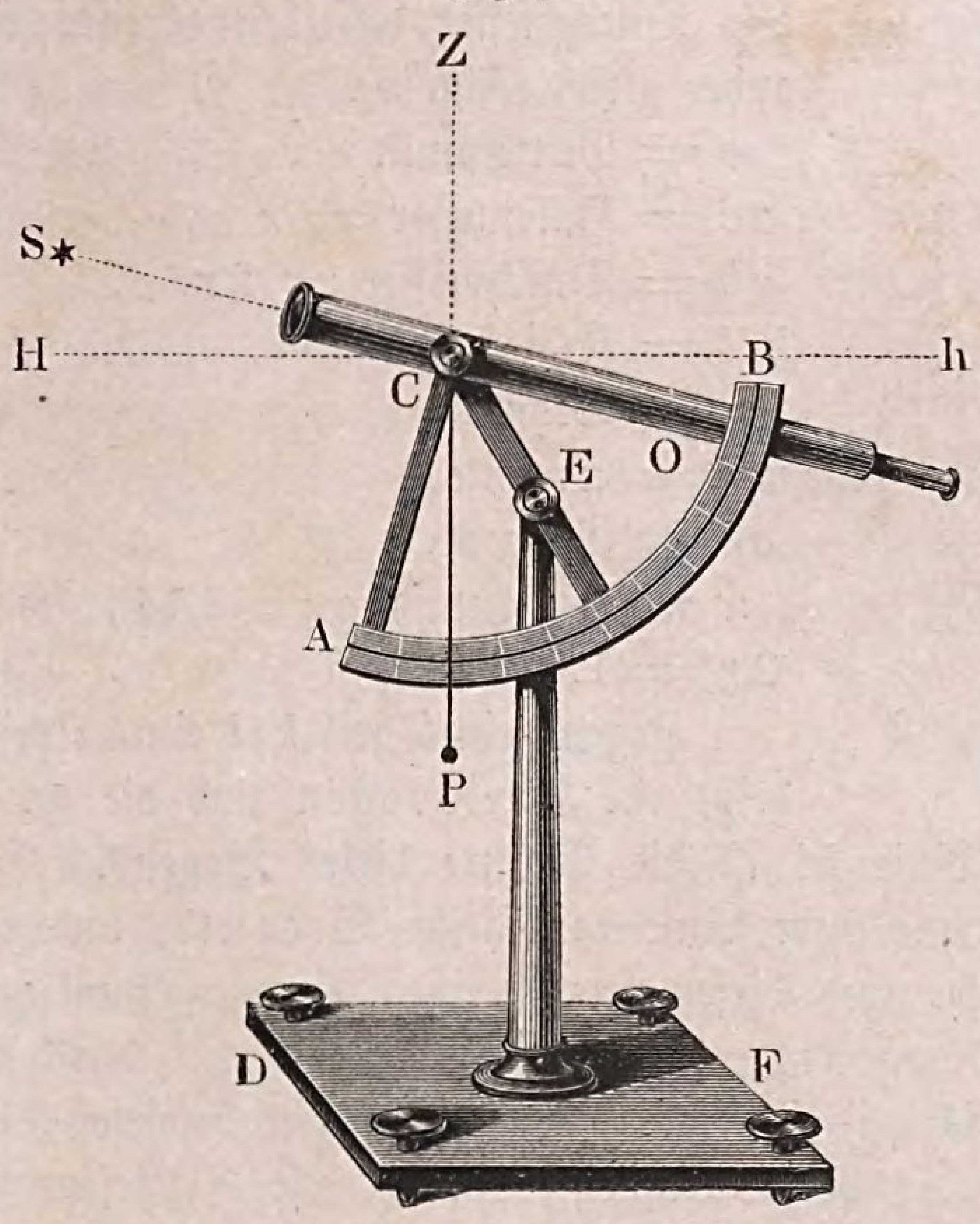
Dieses ist die Grundeinrichtung, welche mit mehr oder weniger Abänderung

bei allen astronomischen Winkelmaßen sich befindet. Es ist natürlich, daß, je nachdem der zu messende Winkel in Beziehung auf die Erdoberfläche wagerecht oder senkrecht ist, der Kreis des Instruments entweder parallel mit der Erdoberfläche oder senkrecht zu derselben gestellt sein muß. Diese letztere Stellung erhält es, z. B. bei der Messung des Winkels, den eine von der Spitze eines Thurmes nach einem Punkte der Erdoberfläche gezogene Linie mit dieser macht.

In Fällen, wo Winkel zu messen sind, deren Größe nicht über einen Rechten oder über 60° geht, kann es bequemer sein, einen nicht vollständigen Kreis zum Messen anzuwenden, sondern nur einen Viertelkreis oder Sechstelkreis, sogenannte Quadranten oder Sextanten.

Ein solcher Quadrant ist, wie Fig. 7 zeigt, um den Punkt *E* drehbar. *AB* ist der Limbus und *C* der Mittelpunkt des Viertelkreises. Giebt man dem Instrument eine solche Stellung, daß das an einem Schenkel desselben angebrachte Fernrohr nach einem Punkte am Horizonte in der Linie *Hh* gerichtet ist und der andere Schenkel *CA* in die Linie des an *C* befestigten Bleilothes *P* fällt und richtet man hernach das Fernrohr nach einem Sterne *S*, so giebt das in seiner senkrechten Lage verbleibende Bleiloth am Limbus die Anzahl der Grade des Winkels an, welchen eine von dem Sterne nach dem Beobachter gezogene Linie mit dessen Horizont bildet. Es ist übrigens zu merken, daß bei allen Beobachtungen, wo es auf große Genauigkeit ankommt, nur vollständige Kreise angewandt werden.

Fig. 7.

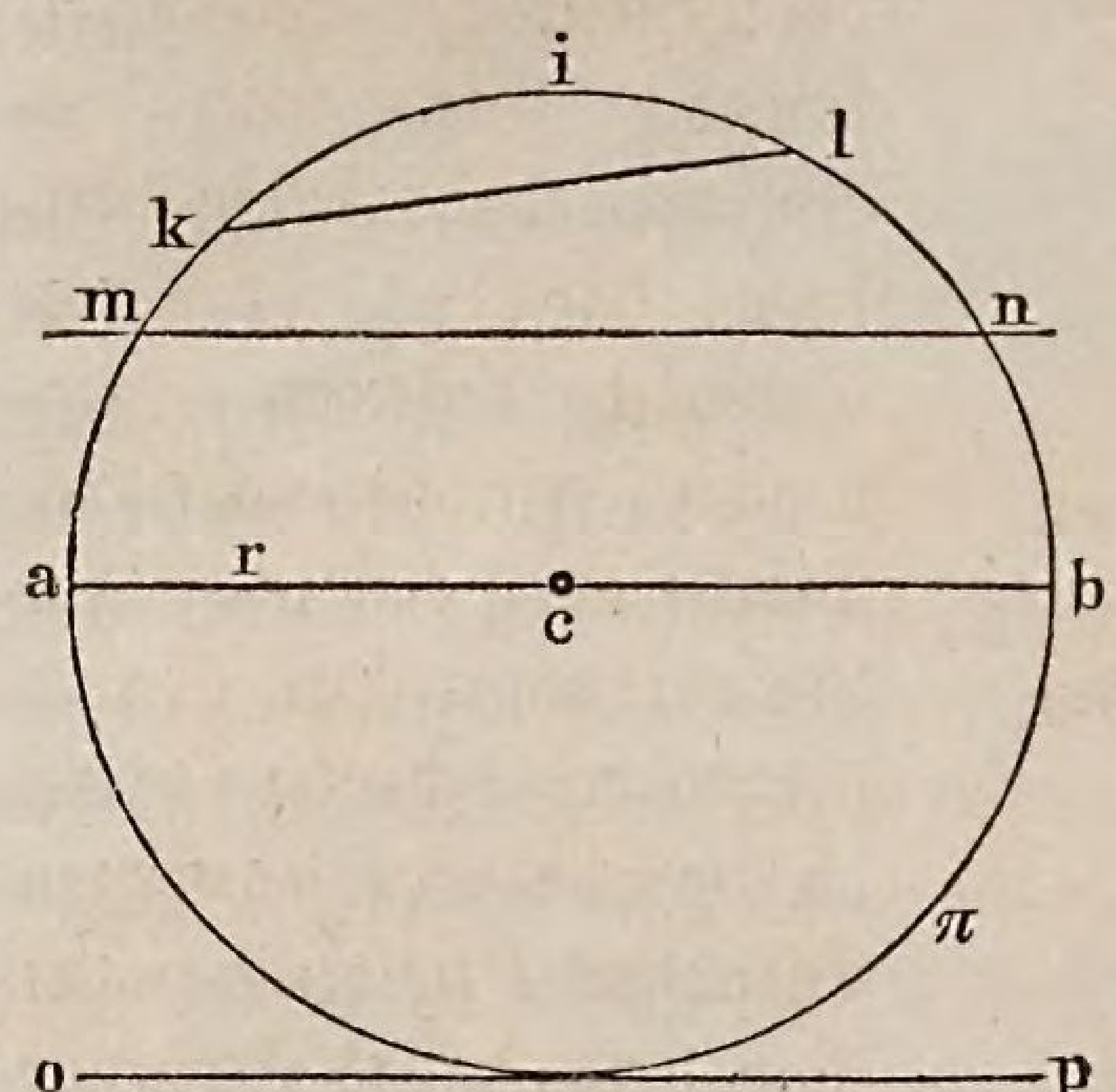


Man hat den Winkelmaß-Instrumenten eine solche Vollkommenheit gegeben, daß man im Stande ist, einen Winkel von 1 Secunde, ja selbst von $^1/_{10}$ Secunde zu bestimmen. Der Winkel von 1 Secunde ist aber $^1/_{324000}$ eines rechten Winkels. Zur Versinnlichung eines so außerordentlich kleinen Winkels bemerke man, daß ein Winkel von ungefähr 1 Secunde entsteht, wenn von der obern und untern Seite eines Menschenhaares eine Linie nach einem 1 Meter von demselben entfernten Punkte gezogen wird.

Kreis. In eine Tischplatte schlage ich einen Nagel, befestige an dem- 11
selben einen Faden und ans andere Ende des letzteren binde ich einen Bleistift.

Mit diesem zeichne ich jetzt einen Weg um den Nagel, und zwar so, daß der Faden stets gleich gespannt bleibt. Ich erhalte auf diese Weise eine krumme, in sich selbst zurücklaufende Linie. Die Entstehung derselben zeigt, daß ein jeder Punkt dieser Linie, die wir Kreis nennen, gleich weit entfernt ist von dem Punkte, an welchem der Nagel steckt, welcher der Mittelpunkt oder das Centrum des Kreises heißt. Eine gerade Linie vom Mittelpunkte eines Kreises nach einem Punkte im Umfange desselben, welche im beschriebenen Beispiele durch den gespannten Faden bezeichnet ist, heißt Halbmesser oder Radius des Kreises, und es ist klar, daß alle Halbmesser eines Kreises einander gleich sein müssen. Wird ein Halbmesser verlängert, bis er den Kreis abermals trifft, so stellt diese Linie den Durchmesser des Kreises vor, der die doppelte Länge des Halbmessers hat. Natürlich sind auch alle Durchmesser desselben Kreises einander gleich (Fig. 8).

Fig. 8.



c = Mittelpunkt
ac = Halbmesser = r
ab = Durchmesser = $2r$
kil = Kreisbogen
kl = Sehne
mn = Secante
op = Tangente
π = Kreisumfang = 3,14, wenn $2r = 1$.

Irgend ein Theil kil eines Kreises heißt ein Kreisbogen und die gerade dessen Endpunkte verbindende Linie kl ist die Sehne dieses Bogens. Eine den Kreis in zwei Punkten schneidende Linie mn heißt Secante, und eine außerhalb des Kreises befindliche und diesen nur in einem einzigen Punkte berührende Linie op ist eine Tangente. Die Kreislinie selbst wird durch den griechischen Buchstaben π (sprich pi) bezeichnet, und man hat bewiesen, daß dieselbe 3,14mal so lang ist, als der Durchmesser des Kreises. Gesetzt, der Durchmesser betrage 4 Centimeter, so ist die Kreislinie, welche auch Länge des Kreises genannt wird, gleich $4 \times 3{,}14 = 12{,}56$ Centimeter.

Den Flächeninhalt eines Kreises erhält man, wenn dessen Halbmesser zuerst mit sich selbst und das Erhaltene mit der Zahl 3,14 multiplicirt wird.

12 **Kugel.** Eine ganz besondere Beachtung von unserer Seite verdient die Kugel. Sie ist ein Körper mit gekrümmter Oberfläche, deren sämmtliche Punkte gleich weit entfernt sind von dem im Innern der Kugel liegenden Mittelpunkte. Eine gerade Linie vom Mittelpunkte nach einem Punkte der Oberfläche heißt Halbmesser und die Verlängerung desselben, bis sie die Kugelfläche abermals trifft, ist der Durchmesser. Wie beim Kreise sind auch bei jeder Kugel alle Halbmesser und Durchmesser derselben unter einander gleich.

Denken wir uns eine Kugel von Ebenen durchschnitten, welche durch den

Mittelpunkt desselben gehen, so stellen diese die sogenannten **größten Kreise** der Kugel vor, deren Halbmesser gleich sind dem Halbmesser der Kugel.

Den **Quadratinhalt** der Oberfläche einer Kugel, kürzer die Kugelfläche genannt, erhält man, wenn der Inhalt eines ihrer größten Kreise viermal genommen wird. Die Oberflächen zweier Kugeln verhalten sich wie die Zahlen, die man durch Multiplication ihrer Durchmesser mit sich erhält.

Der **Kubikinhalt** einer Kugel wird gefunden, indem man ein Drittel ihres Halbmessers mit ihrer Kugelfläche multiplicirt. Das Verhältniß des Kubikinhaltes zweier Kugeln von ungleicher Größe wird ausgedrückt durch die Zahlen, welche man erhält, wenn die Durchmesser jener Kugeln dreimal mit sich selbst multiplicirt werden.

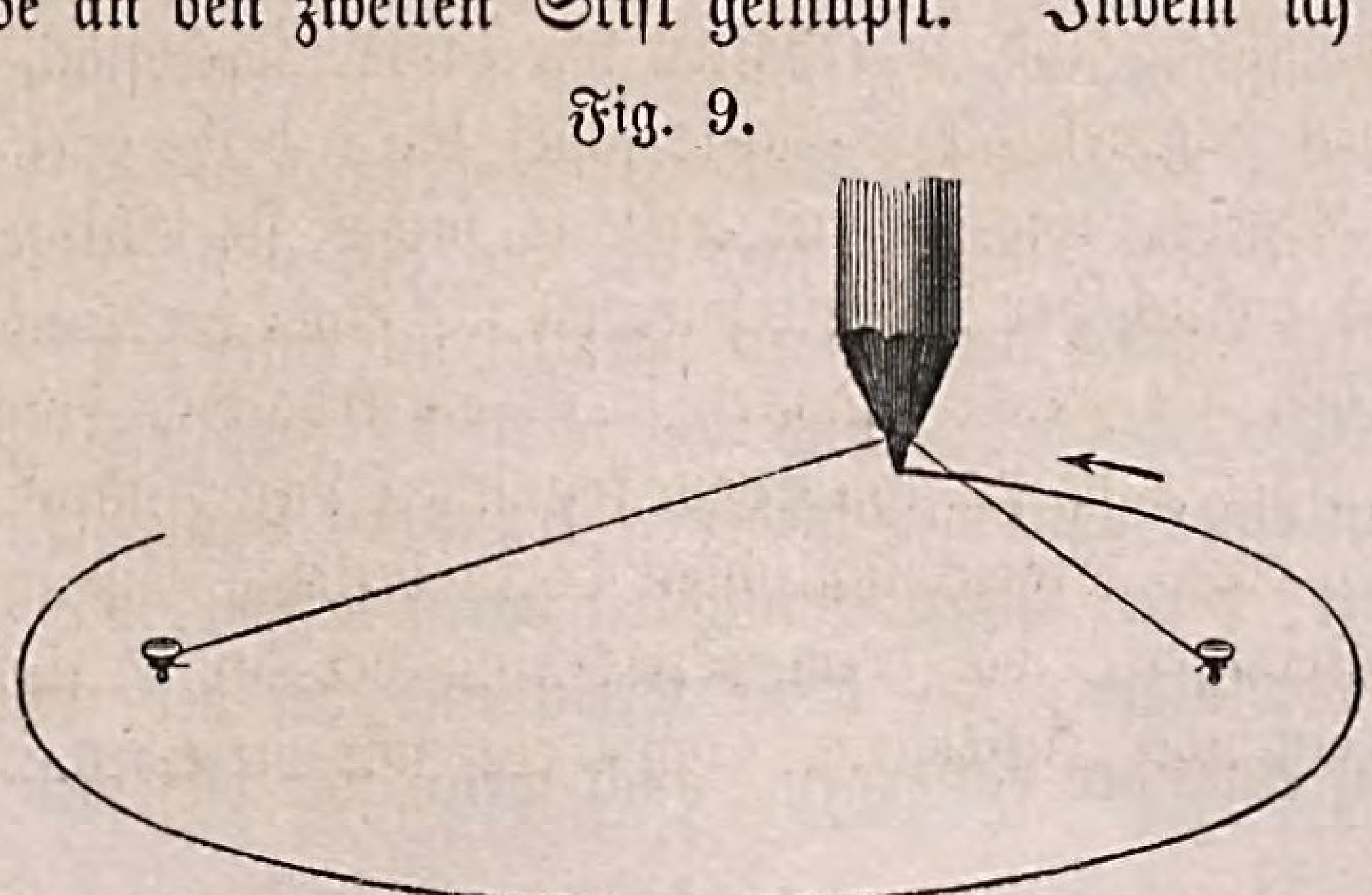
Es erscheint zweckmäßig, die vorstehenden Angaben über Kreis und Kugel durch einige Beispiele zu erläutern, und wir nehmen für beide einen Durchmesser von 12 Centimeter an.

Durchmesser	$= 12^{\text{cm.}}$
Halbmesser	$= r = 6^{\text{cm.}}$
Kreislinie	$= 12 \times \pi = 12 \times 3{,}14 = 37{,}68^{\text{cm.}}$
Kreisfläche	$= r \times r \times \pi = 6 \times 6 \times 3{,}14 = 113 \square^{\text{cm.}}$
Kugelfläche	$= 4 \times (r \times r \times \pi) = 4 \times 113 = 452 \square^{\text{cm.}}$
Kugelinhalt	$= (1/_3 \times r) \times 4 (r \times r \times \pi) = 2 \times 452 = 904\ \text{Kb}^{\text{cm.}}$

Wenn der Durchmesser einer Kugel 6 Centimeter und der einer andern 12 Centimeter ist, so verhalten sich nach der oben gegebenen Regel ihre Kugelflächen wie 6×6 zu 12×12, das ist wie 36 zu 144, ihre Kugelinhalte wie $6 \times 6 \times 6 = 216$ zu $12 \times 12 \times 12 = 1728$.

Ellipse. Viel weniger allgemein bekannt als der Kreis und seine Eigen- 13
schaften ist die **Ellipse**, ebenfalls eine krumme, in sich selbst zurücklaufende Linie, welche auf folgende Weise erhalten wird. Auf einer Ebene befestigt man zwei Stifte (Fig. 9). Ein Faden, der jedoch länger ist als die Entfernung zwischen den Stiften, wird mit einem Ende an den ersten, mit dem andern Ende an den zweiten Stift geknüpft. Indem ich nun durch einen etwa in der Mitte des Fadens gehaltenen Bleistift denselben nach der einen Seite der Ebene hinziehe, und bei steter Spannung des Fadens mit dem Bleistift ringsum denjenigen Weg zeichne, welchen der Faden gestattet, erhalte ich die länglich runde Figur der Ellipse.

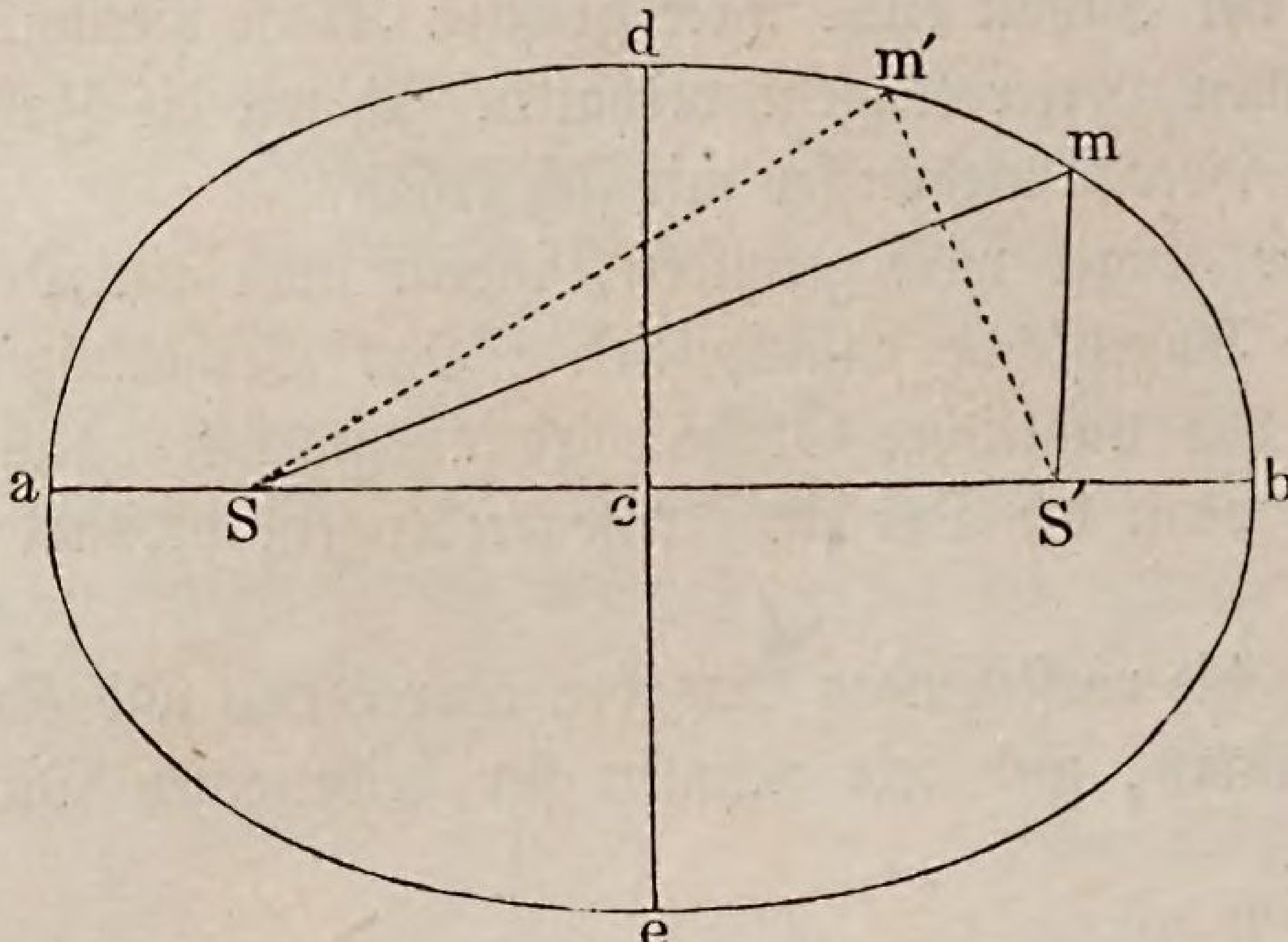
Fig. 9.



Dieselbe hat eine große Achse ab, Fig. 10 (a. f. S.), und senkrecht auf dieser die kleine Achse de, durch den Mittelpunkt c gehend. Die beiden Punkte SS'

heißen die **Brennpunkte** der Ellipse, und wie die beschriebene Entstehung derselben es anschaulich macht, sind je zwei von den Brennpunkten nach einem Punkte

Fig. 10.

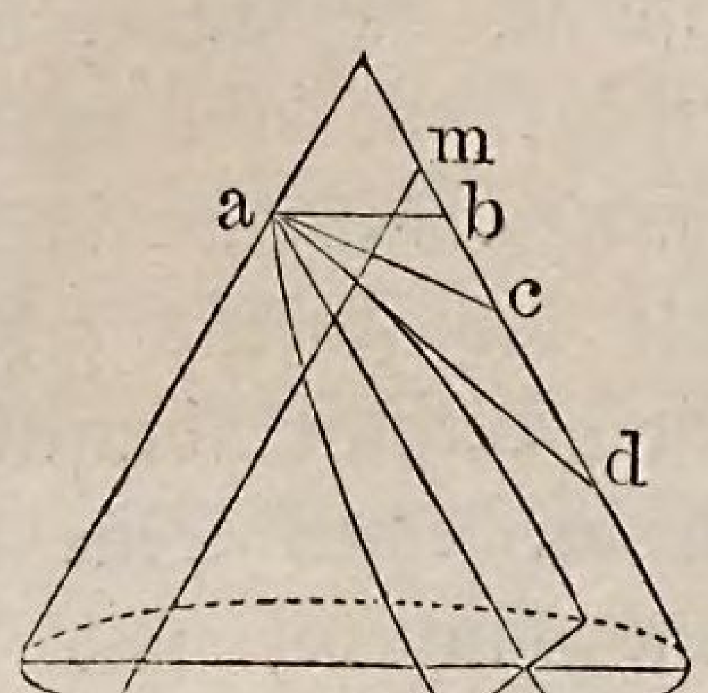


des Umfangs gezogenen Linien, z. B. Sm und $S'm$ oder Sm' und $S'm'$ u. s. w., welche den Faden vorstellen, wenn der Bleistift bei m oder m' ist, zusammengenommen genau eben so lang als die große Achse der Ellipse. Zwei solcher zusammengehöriger Linien, deren wir uns unendlich viele denken können, werden **Leitstrahlen** oder Radii vectores genannt. Die Entfernung eines Brennpunktes S oder S' vom Mittelpunkte C heißt die **Excentricität** der Ellipse. Es ist klar, daß eine Ellipse dem Kreise um so mehr sich nähert, je geringer diese Excentricität ist. Der Flächeninhalt einer Ellipse wird berechnet, indem die beiden halben Achsen ac und dc mit einander, und das Erhaltene mit der Zahl 3,14 multiplicirt wird.

Die Ellipse hat besondern Anspruch auf unsere Aufmerksamkeit dadurch, daß die Bahnen der meisten Himmelskörper, wie z. B. die unserer Erde, Ellipsen sind.

14 **Parabel.** Eine andere krumme Linie von besonderer Eigenthümlichkeit ist die Parabel. Am leichtesten läßt sich dieselbe mit Hülfe eines Kegels darstellen, an dem sich überhaupt mehrere, gewöhnlich Kegelschnitte genannte, krumme Linien sehr gut zeigen lassen. Machen wir nämlich an einem Kegel Querschnitte, wie z. B. Fig. 11 ab, die parallel mit der Grundfläche sind, so erhalten wir lauter Kreisflächen. Gehen dagegen die Schnitte schief durch beide Seiten des Kegels, wie ac und ad, so bilden sie Ellipsen. Wird endlich der Schnitt parallel mit einer der Seiten geführt, wie bei ae und mn, so ist die erhaltene Fläche von einer ganz verschiedenen krummen Linie, nämlich von einer **Parabel**, begränzt, deren Eigenthümlichkeit darin besteht, daß ihre Enden sich niemals wieder vereinigen, wie beim Kreis und bei der Ellipse, sondern sich immer weiter von einander entfernen, auch wenn wir dieselben ins Unendliche verlängert denken.

Fig. 11.



Eine gewisse Gattung von Himmelskörpern, die sich um die Sonne bewegen, nämlich die Kometen, haben elliptische Bahnen, die aber meist so sehr excentrisch sind, daß das Stück der Bahn zunächst bei der Sonne, wo der Kör=

per auch nur beobachtet werden kann, sich kaum von einer solchen parabolischen Linie unterscheidet.

Messkunst. Man versteht unter Messen die Vergleichung irgend einer 15
Linie, einer Fläche oder eines Raumes mit einem gegebenen gleichartigen Maaß. Das Ergebniß der Messung sagt uns, wie oft dieses Maaß in der zu messenden Größe enthalten ist.

Wie man sieht, ist das Erste, worüber eine allgemeine Verständigung nöthig ist, eben jenes Maaß, und da in verschiedenen Zeiten und Ländern verschiedene Maaße üblich sind, so sehen wir uns vor allen Dingen genöthigt, die wichtigsten der in der Astronomie gebrauchten und in den verschiedenen Werken vorkommenden Maaße hier zu bestimmen.

Tafel der Maasse. In §. 7 des physikalischen Theiles haben wir 16
bereits eine Vergleichung der kleinern Maaße gegeben und dabei als Einheit das Meter angenommen, welches erhalten wird, wenn man den vierten Theil eines durch die Pole der Erde gehenden großen Kreises in zehn Millionen gleiche Theile theilt.

Wird dagegen der in gleichen Entfernungen von den Polen um die Erde gelegte größte Kreis, der Aequator heißt, in 360 gleiche Theile oder Grade getheilt und dann der funfzehnte Theil eines solchen Grades genommen, so ist derselbe die geographische oder deutsche Meile.

So oft in dem Nachfolgenden von Meilen die Rede ist, so wird jedesmal diese Meile gemeint, die wir jetzt noch mit einigen anderen Maaßen vergleichen wollen.

1 geographische oder deutsche Meile ist

=	3807,2	Toisen. 1 Toise = 6 Pariser Fuß
=	7420	Meter
=	8115	Yards. 1 Yard = 3 englischen Fuß
=	22843	Pariser Fuß
=	23643	preußischen Fuß
=	0,742	französischen Meilen
=	0,978	österreichischen Meilen
=	0,985	preußischen Meilen
=	1,333	Seestunden
=	4,611	englischen Meilen
=	6,956	russischen Werst.

Es ist ferner:

1 neue französische Meile	= 1 Myriameter	=	10000	Meter
1 österreichische Meile	= 24000 Fuß österr.	=	7587	"
1 alte preußische Meile	= 24000 Fuß preuß.	=	7532	"
1 preußische Neu-Meile	=		7500	"
1 deutsche oder geographische Meile	= $^1/_{15}$ Grad	=	7420	"
1 Seestunde	= $^1/_{20}$ Grad	=	5565	"
1 alte franz. Meile (lieue de france)	= $^1/_{25}$ Grad	=	4452	"
1 Seemeile (lieue marine)	= $^1/_{60}$ Grad	=	1855	"
1 englische Meile	= 1760 Yards	=	1609	"
1 russische Werst	= 3500 Yards russisch	=	1067	"
1 Stadium der Alten	= $^1/_{40}$ geogr. Meile	=	186	"

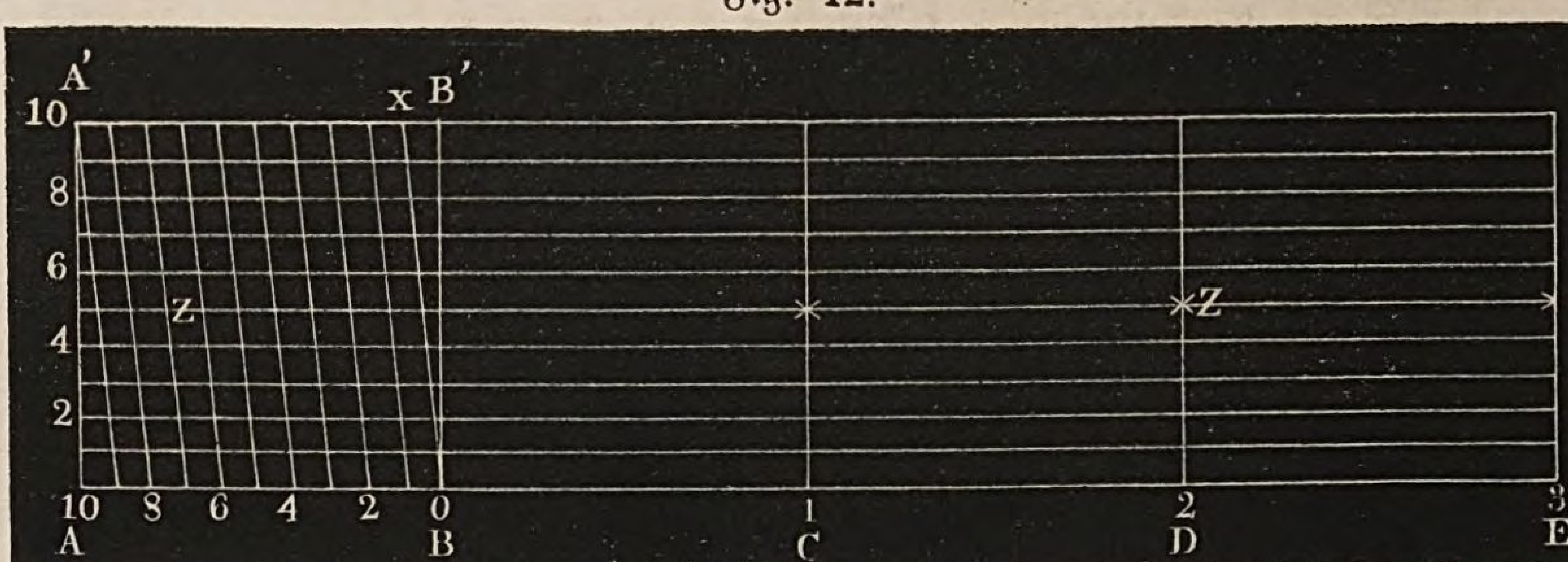
17 **Entfernung; verjüngter Maasstab.** Denken wir uns im Raume einen bestimmten Punkt, so ist jeder andere Punkt von jenem entfernt, und die gerade Linie, die von dem einen dieser Punkte nach dem andern gezogen oder gedacht werden kann, heißt ihre kürzeste Entfernung oder auch einfach nur ihre Entfernung. Sowie der Raum ein Unendliches ist, so auch ist die Entfernung an kein Maaß und keine Zahl gebunden.

Man spricht von meßbaren und unmeßbaren Entfernungen. Die ersteren sind solche, die wir entweder unmittelbar durch Anlegung eines Maaßes oder durch Berechnung bestimmen können, und je nach den Größen bedient man sich verschiedener Maaße. So drückt man die Entfernungen der Himmelskörper durch Sternweiten, Erdweiten, Erdhalbmesser aus; die Erdoberfläche messen wir durch Grade, Meilen, Meter, und Gegenstände von geringer Ausdehnung durch die Theile des Meters.

Unmeßbar sind Entfernungen für uns nur dann, wenn unsere Sinne und Instrumente nicht ausreichen zur Bestimmung derselben. So nennen wir unmeßbar klein die Entfernung von einem kleinsten Theilchen oder Atom der Materie zum andern und unmeßbar groß die Entfernung der meisten Fixsterne und Nebelflecken.

Alle größeren Entfernungen, die das sinnliche Auge nicht zu überblicken vermag, bringen wir mit Hülfe der Einbildungskraft durch das geistige Auge zur Anschauung. Doch bald reicht auch dieses nicht mehr aus, denn die ungeheuren Entfernungen der Himmelskörper entziehen sich jedem Vorstellungsvermögen. In solchen Fällen ist der verjüngte Maaßstab, Fig. 12, ein wesent-

Fig. 12.



liches Mittel zur Veranschaulichung, indem wir durch dessen Hülfe uns Zeichnungen entwerfen, welche dieselben Verhältnisse auf einer leicht übersehbaren Fläche uns darstellen.

Nach der auf geometrischen Gesetzen beruhenden Einrichtung des verjüngten Maßstabes stellen die Linien AB, BC u. s. w. gewisse Entfernungen, z. B. Meilen vor: AB ist in zehn gleiche Theile, also Zehntel-Meilen, getheilt, ebenso $A'B'$; durch die Transversale Bx werden auf den mit AB parallel gezogenen Linien wieder Zehntel von den Zehntel-Meilen, also Hundertel-Meilen, abgeschnitten, und zwar $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$ u. s. w., wie aus dem Dreieck BxB' ersichtlich ist. Mittels eines Zirkels kann man nun jede beliebige Länge in ganzen

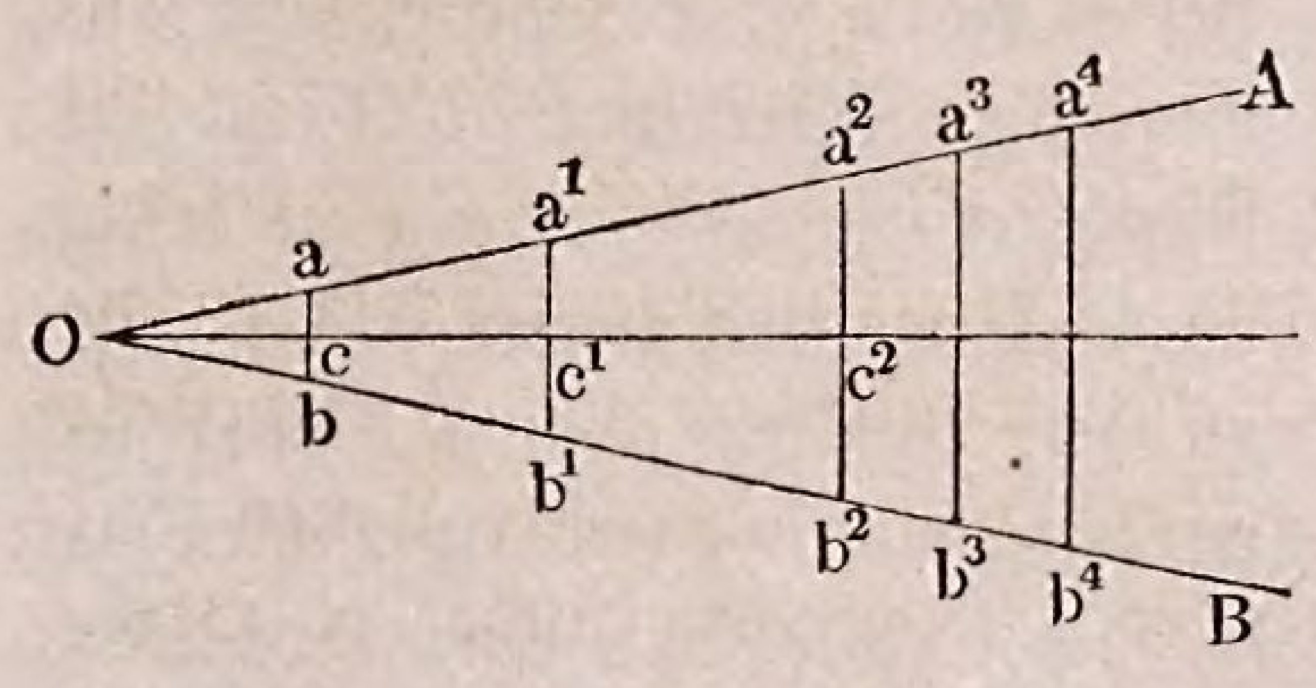
Meilen, Zehnteln und Hunderttheilen am Maaßstab nehmen. Hätte ich z. B. $2^3/_4 = 2{,}75$ Meilen in eine Zeichnung nach diesem Maaßstabe einzutragen, so setzte ich eine Spitze des Zirkels auf Z, die andere auf den Durchschnittspunkt der Transversalen 7 und der Parallelen 5, und es griffe jetzt die Oeffnung des Zirkels 2 ganze, 7 Zehntel- und 5 Hundertel-Meilen.

Bestimmung der Entfernung. Durch wirkliche Messung mit 18 einem Maaßstabe oder einer sogenannten Meßkette werden immer nur geringere Entfernungen gemessen. Wir sprechen daher von diesem Verfahren um so weniger, als dasselbe bei größeren Entfernungen selbst der Erde überhaupt nur selten, bei den Himmelsräumen aber niemals in Anwendung kommt.

Nicht wie Entfernungen gemessen, sondern wie sie berechnet werden, soll hier gezeigt werden. Hierzu bedürfen wir aus der Geometrie Einiges über die Aehnlichkeit der Dreiecke und ein paar Gesetze der Trigonometrie.

In Fig. 13 sehen wir zwischen den Schenkeln Ao und Bo des Winkels o die unter sich parallelen Linien ab, $a'b'$ u. s. w. Es fällt in die Augen, daß diese Linien um so größer sind, je weiter sie von dem Scheitelpunkte des Winkels o entfernt stehen, und zwar ist bewiesen, daß $a'b'$ genau eben so viel mal größer ist als ab, so viel mal oc' größer ist als oc — so viel mal oa' größer ist als oa und so viel mal ob' größer ist als ob. Ganz dasselbe gilt von allen übrigen hier gezeichneten oder zwischen den Schenkeln oA und oB noch denkbaren Parallelen in Bezug auf ab, oder zwischen zwei beliebigen dieser Parallelen unter sich. So ist a^4b^4 so viel mal größer wie a^3b^3, so viel mal oa^4 größer ist als oa^3 u. s. w.

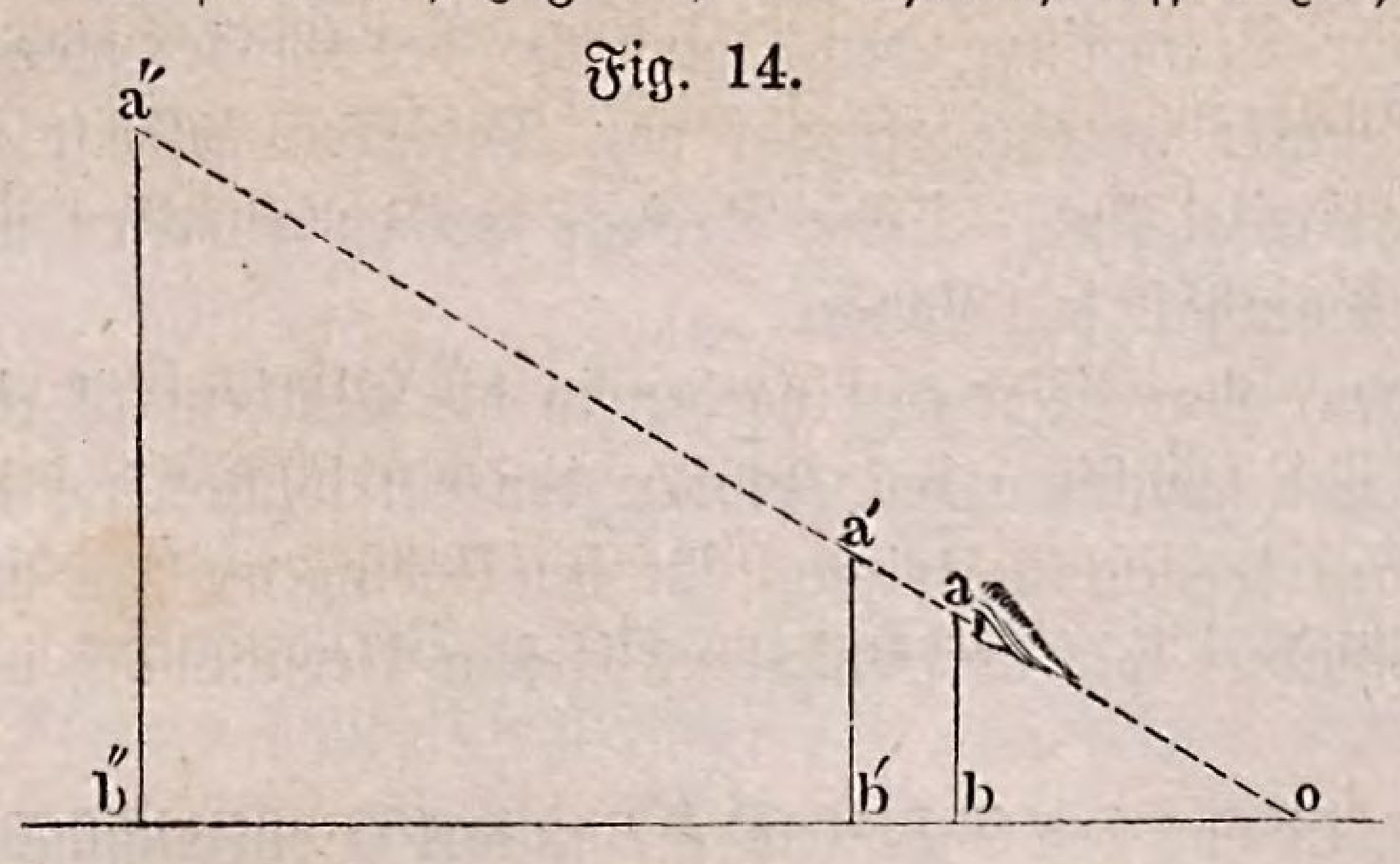
Fig. 13.



Diese einfache Wahrheit benutzen wir nun zur Berechnung sowohl senkrechter Entfernungen oder Höhen als auch wagerechter.

Es sei $a''b''$, Fig. 14, ein Thurm, dessen Höhe bestimmt werden soll. Wir messen zuerst eine sogenannte Standlinie $b''o$ genau, errichten dann einen Stab ab, über dessen Spitze das Auge nach dem höchsten Punkte a'' des Thurmes hinsieht. Indem nun ein zweiter Stab $a'b'$ so zwischen Thurm und Beobachter gestellt wird, daß seine Spitze a' dem Auge mit a'' in einer geraden Linie liegend erscheint, und indem wir uns diese Linie $a''a'ao$ gezogen denken, erhalten wir eine der Fig. 13 ganz entsprechende Zeichnung. Dem dort Gesagten zufolge ist $a''b''$ so viel mal größer

Fig. 14.

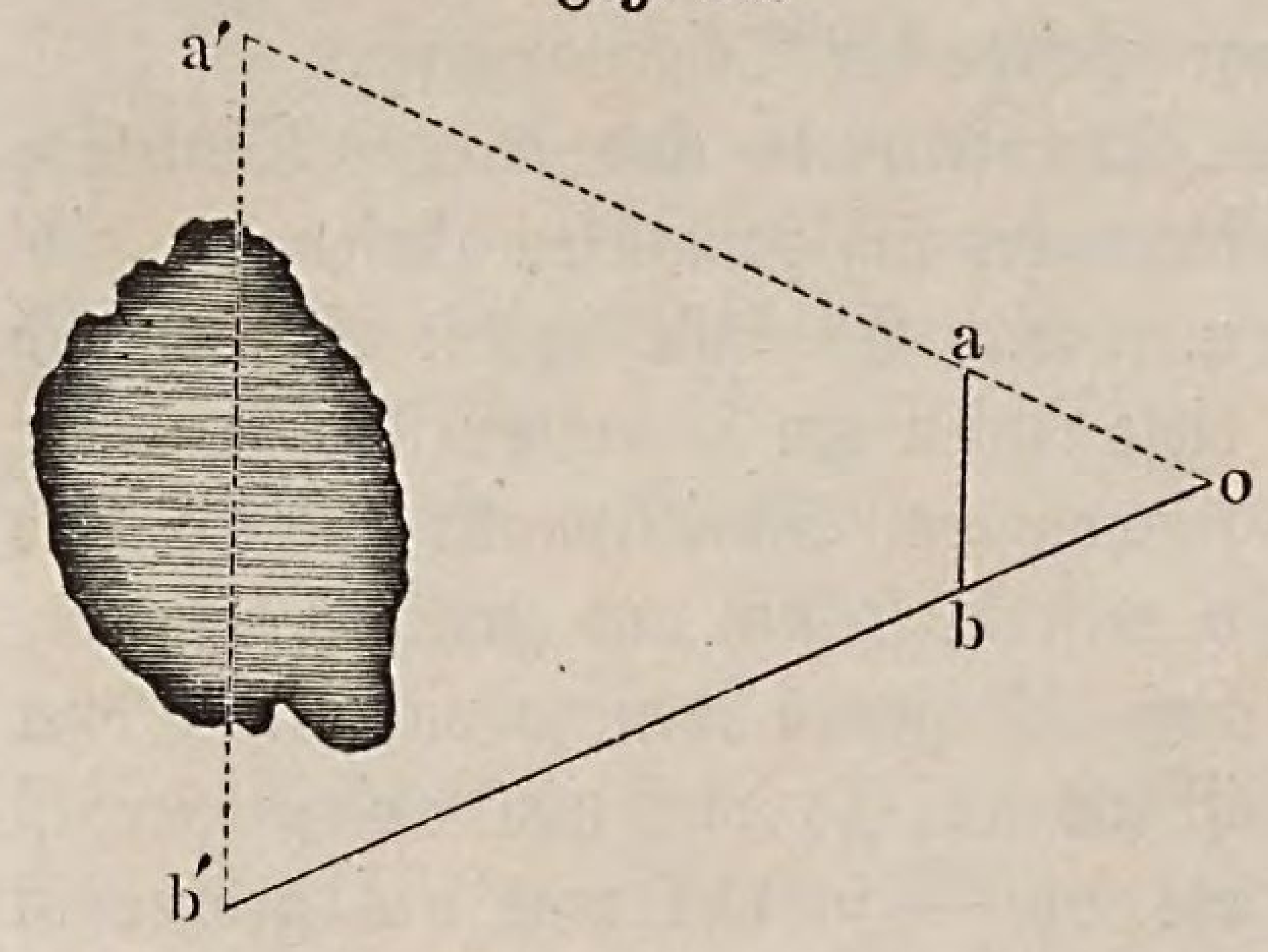


als $a'b'$, so viel mal $b''o$ größer ist als $b'o$. Wäre z. B. $a'b'$ gleich 4 Meter und $b'o$ gleich 8 Meter, so muß auch $a''b''$ halb so groß sein, wie die gemessene Standlinie. Ist die letztere 30 Meter lang, so hat der Thurm eine Höhe von 15 Meter.

Da die Längen der von Gegenständen geworfenen Schatten sich zu einander verhalten wie die Höhen der Gegenstände, welchen sie angehören, so ergiebt sich hieraus ein höchst einfaches Verfahren zu Höhebestimmungen. Ich messe einen in die Erde gesteckten Stab $a'b'$, Fig. 14, und dessen Schatten sowie den von einem Thurme geworfenen Schatten $b''o$. So viel mal nun der Stab größer oder kleiner ist als sein Schatten, so viel mal ist die Höhe des Thurmes größer oder kleiner als die Länge seines Schattens.

Dasselbe Verfahren wenden wir mit geeigneter Abänderung an, um die gegenseitige Entfernung zweier Punkte zu berechnen, die wir unmittelbar zu messen verhindert sind, z. B. den Abstand zweier Bergspitzen oder zweier Punkte $a'b'$ Fig. 15, zwischen welchen ein Wald oder ein Gewässer liegt. In diesem Falle ist es hinreichend, daß man die Entfernung ob' kennt, um sowohl $a'b'$, als auch $a'o$ zu bestimmen. Vermittels zweier Stäbe, welche an den Punkten a und b eingesteckt werden, die in geraden Linien mit a' oder b' und dem Auge des Beobachters o liegen, und deren Verbindungslinie ab parallel mit $a'b'$ ist, erhält man das meßbare Dreieck abo. So viel mal nun ob' größer ist als ob, so viel mal ist $a'b'$ größer als ab.

Fig. 15.



19 **Trigonometrische Messung.** Nicht selten findet man auf erhöhten Punkten, namentlich auf den Spitzen freiliegender Berge mehr oder weniger hohe Pyramiden von Holz oder Stein errichtet, und eine Inschrift sagt uns, daß hier ein trigonometrischer Punkt sei. Man weiß wohl im Allgemeinen, daß solche Punkte zur Vermessung der Oberfläche des Landes dienen, und daß dieses durch jene Punkte in eine Anzahl von Dreiecken getheilt ist, die wie ein Netz darüber ausgebreitet sind. Diese Dreiecke werden gemessen und ihre Summe ergiebt den Flächeninhalt des Landes.

Schwieriger ist es dagegen, ohne tieferes Eingehen in die Mathematik eine genauere Erklärung zu geben und gleichsam den Zauber, den ein solches auf der Bergeshöhe errichtetes Punctum trigonometricum für den Uneingeweihten hat, einigermaßen zu lösen. Versuchen wir es wenigstens diesem Verständniß uns zu nähern.

Der Winkel A, Fig. 16, ist von den Schenkeln AB und AO eingeschlossen. Vom Endpunkte B des Schenkels AB wird eine Senkrechte BO auf den Schenkel AO gefällt. AB soll eine unveränderliche Größe haben und wir nennen diese Linie daher die Constante und nehmen an, daß sie um den Punkt

A drehbar ist. Erheben wir nun die Constante AB, bis sie z. B. die Lage AB' hat, so sehen wir, daß sowohl der Winkel bei A als auch die vom Endpunkte der Constanten gefällte Senkrechte wachsen muß. Der Winkel $B'AO'$ ist offenbar größer als BAO und ebenso $B'O'$ größer als BO. Man nennt die unter diesen Umständen wachsende Linie den **Sinus** des gegebenen Winkels A.

Fig. 16.

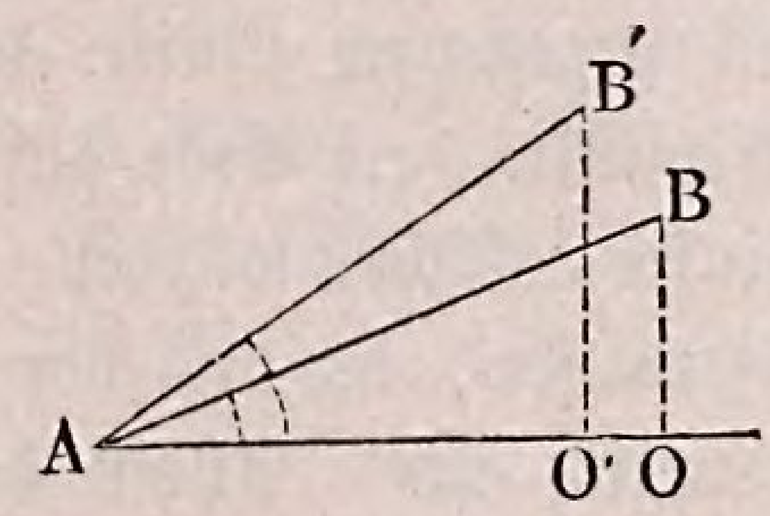
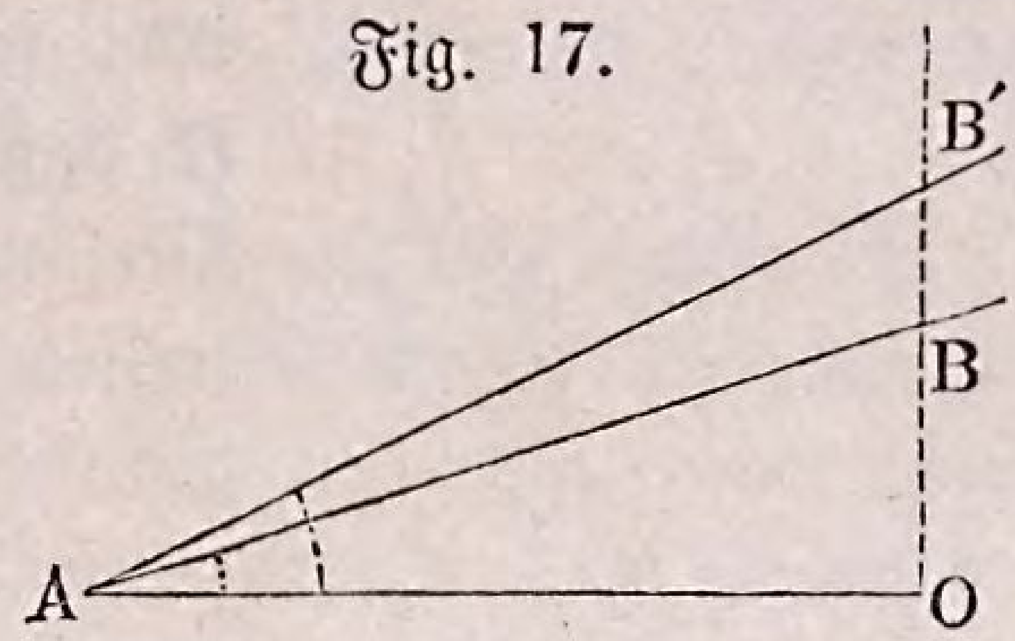


Fig. 17.

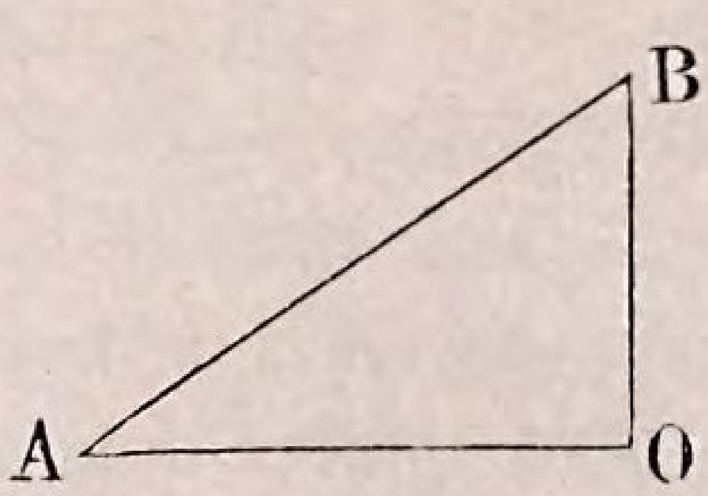


Denken wir uns jetzt an demselben Winkel A, Fig. 17, den Schenkel AO unveränderlich und errichten wir auf dessen Endpunkte O eine Senkrechte OB, bis dieselbe den andern Schenkel AB schneidet. Wächst nun der Winkel A, so muß auch diese Senkrechte, welche wir die **Tangente** des Winkels A nennen, zunehmen.

Wie man sieht, sind also Sinus und Tangente zwei Linien, die zu einem gegebenen Winkel in bestimmter Beziehung stehen und welche beide mit der Zunahme dieses Winkels wachsen. Leicht erkennt man, daß die Tangente für gleiche Vergrößerung des Winkels A viel stärker wächst als der Sinus, und man hat ein Gesetz aufgefunden und nach demselben die sogenannten **trigonometrischen Tafeln** berechnet, in welchen für jeden gegebenen Winkel das Verhältniß zwischen dessen Tangente oder Sinus und seiner Constanten angegeben ist. Suchen wir z. B. in den Tafeln den Sinus des Winkels von 30 Grad, so finden wir die Zahl 0,5 angegeben, d. h. für diesen Winkel ist der Sinus halb so groß als die Constante.

Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich nun als wichtige Nutzanwendung, daß aus den gegebenen Größen eines Winkels und eines seiner Schenkel mit Hülfe der trigonometrischen Tafeln der Sinus oder die Tangente gefunden werden kann, wie dies ein Beispiel deutlicher macht.

Fig. 18.

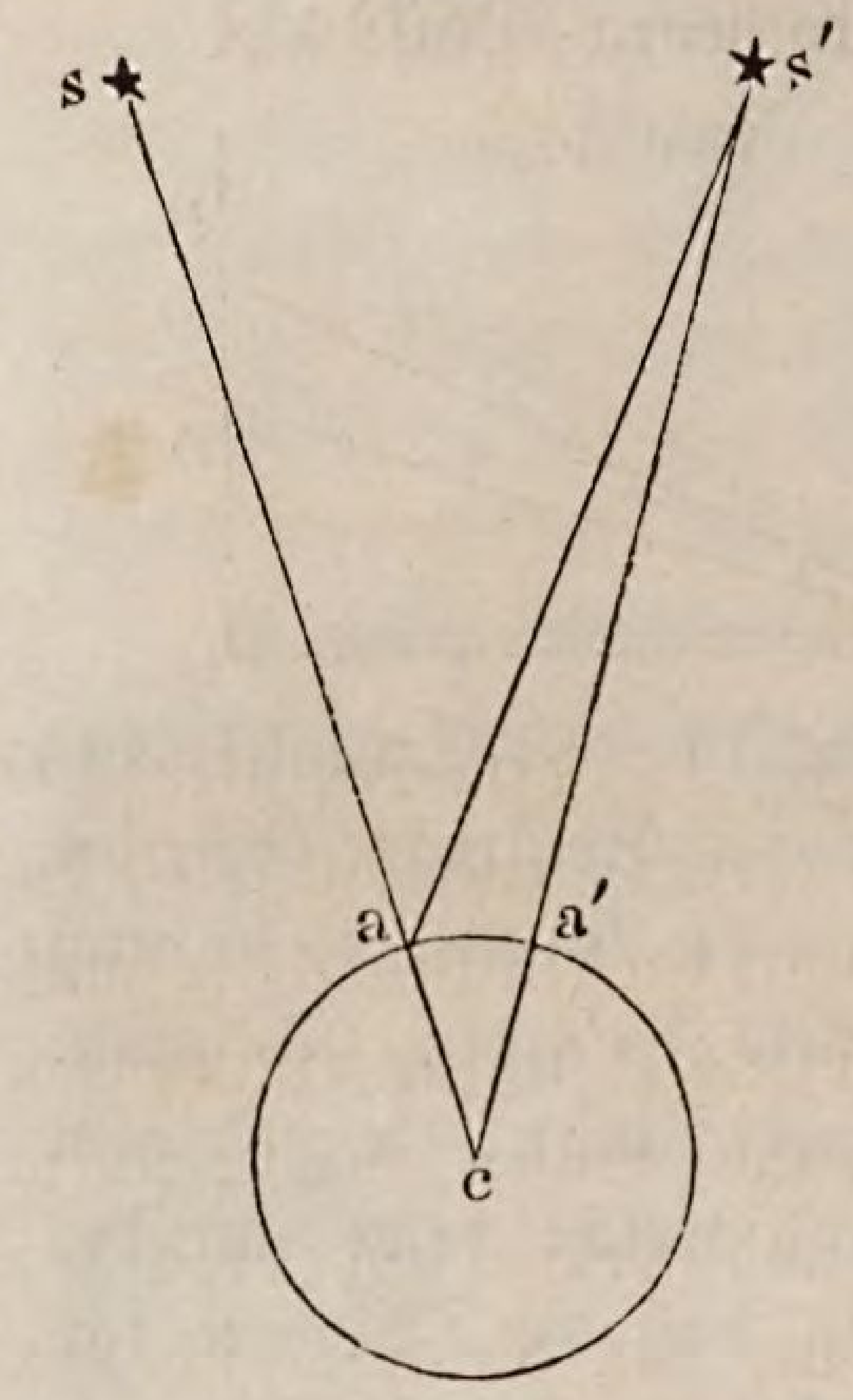


Es sei OB, Fig. 18, die Höhe eines Thurmes zu bestimmen. Bekannt ist durch vorherige Messung die Größe der Standlinie AO gleich 430 Fuß, sowie die des Winkels A, der gleich 35^0 ist. Betrachten wir OB als die Tangente des Winkels A, so ist sie nach den Tafeln gleich 0,7, d. h. die Tangente OB ist $^7/_{10}$ von der Constanten AO. $^1/_{10}$ von 430 ist aber gleich 43, folglich ist $OB = 7 \times 43$, was 301 Fuß als Höhe des Thurmes giebt.

Entfernung und Grösse der Himmelskörper. Zu genauen Messungen sowohl senkrechter als wagerechter Entfernungen auf der Erdoberfläche werden niemals die in §. 18 angegebenen Verfahrungsweisen, sondern stets trigonometrische Berechnungen angewendet. Bei Himmelskörpern sind letztere die allein möglichen Mittel, um zum Ziele zu gelangen. Da in diesem Falle der Halbmesser der Erde als Standlinie angenommen wird, so muß dessen 20

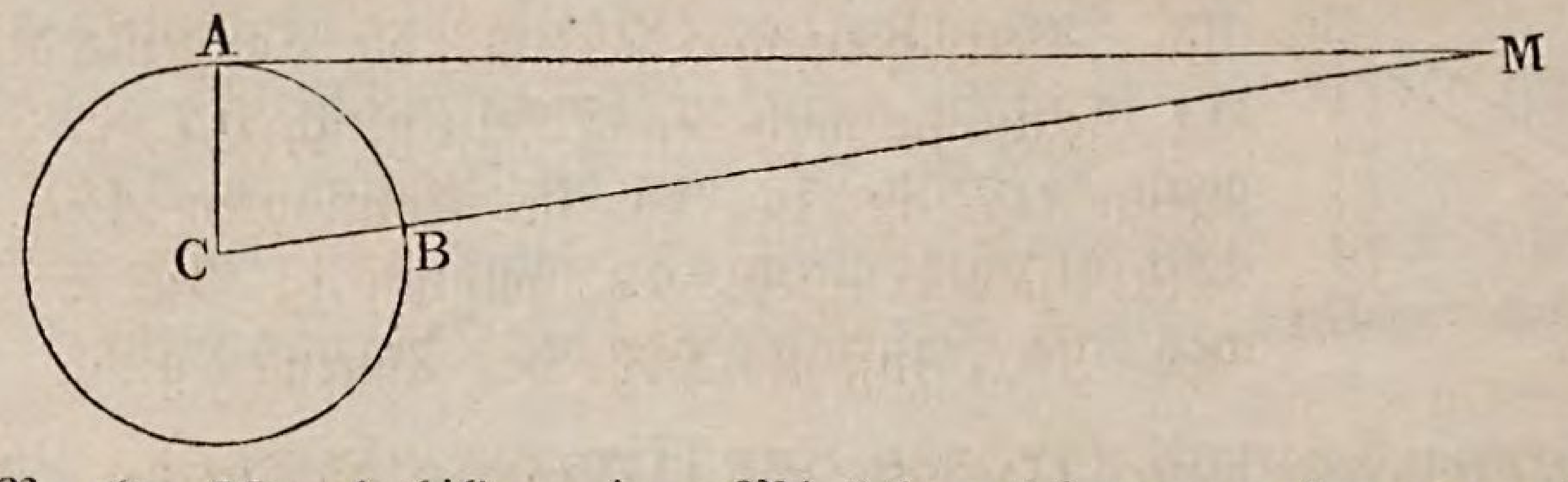
Größe zuerst bestimmt werden, was auf folgende Weise geschieht: Denken wir uns unter dem Kreise der Fig. 19 die Erde und unter *a* und *a'* zwei Beobachter, die um den Bogen *aa'* von einander entfernt sind, dessen Länge man genau gemessen und z. B. gleich 30 Meilen gefunden hat. Jeder derselben beobachtet nun gleichzeitig einen über seinem Haupte senkrecht stehenden Fixstern *ss'*, so daß die von letzteren gezogenen Linien bei ihrer Verlängerung im Mittelpunkte der Erde zusammentreffen und dort den Winkel *c* bilden würden. Diesen Winkel können wir nicht messen, da uns der Mittelpunkt der Erde unzugänglich ist. Allein die Entfernung der Fixsterne von der Erde ist so außerordentlich groß, daß es gar keinen bemerkbaren Unterschied macht, ob ein Beobachter vom Mittelpunkte der Erde oder vom Punkte *a* aus an ihrer Oberfläche den Winkel mißt, welchen die von den beiden Sternen *s* und *s'* nach seinem Auge gezogenen Linien machen. Um ein Gleichniß anzuwenden, ist dies ebenso ohne Einfluß, als ob eine Milbe aus dem Mittelpunkte eines Hirsekorns oder von dessen Oberfläche aus nach zwei entfernten Bergspitzen hinsehen würde. Ohne einen Fehler zu begehen, setzen wir daher den Winkel *c* gleich Winkel *sas'* und messen den letzteren. Wird er $= 2^0$ gefunden, so wissen wir aus der oben erwähnten Messung, daß ein Bogenstück *aa'* von 30 Meilen über einem Winkel von 2^0 steht, daß folglich auf 1^0 15 Meilen kommen, was für den ganzen Umfang eines um die Erde gelegten Kreises, der bekanntlich 360 Grade hat, als dessen Länge $360 \times 15 = 5400$ Meilen giebt. Nach §. 11 ist aber die Länge eines Kreises 3,14mal so groß als sein Durchmesser, folglich ist der Erddurchmesser $= \frac{5400}{3,14} = 1719$ Meilen.

Fig. 19.



21 Wenn zwei Personen *A* und *C*, Fig. 20, von verschiedenen Standorten nach demselben Punkte *M* hinblicken, so schneiden sich natürlich ihre Gesichtslinien

Fig. 20.



in dem Punkte *M* und bilden einen Winkel, welchen man den parallactischen Winkel nennt. Befände sich in *M* ein Auge, so wäre dieser Winkel der Sehwinkel (vergleiche Physik, §. 177), unter welchem ihm die Standlinie *AC* der beiden Beobachter erscheint. Der Winkel bei *M* drückt also die scheinbare Größe aus, die *AC* hat, wenn es von *M* aus betrachtet wird, und man nennt dieselbe die Parallaxe von *M*.

Es sei *M* der Mond, *C* der Mittelpunkt der durch den Kreis vorgestellten Erde, so ist *AC* die Parallaxe des Mondes, d. h. die scheinbare Größe, welche der Erdhalbmesser haben würde, vom Monde aus gesehen. Wird nun der Mond gleichzeitig von *A* beobachtet, in dessen Horizont *M* steht, und von *B*, über dessen Scheitel er sich befindet und dessen Gesichtslinie verlängert durch den Mittelpunkt der Erde geht, so erhalten wir, indem die Punkte *ACM* durch Linien verbunden gedacht werden, das Dreieck *ACM*.

Da *AM* als Kreistangente (§. 11) rechtwinklig auf dem Halbmesser *AC* steht, so ist der Winkel bei *A* ein rechter, und die Größe des Winkels bei *C* ist durch den Bogen *AB* bekannt, durch welchen beide Beobachter von einander entfernt sind. Sobald aber die Größe von zwei Winkeln eines Dreiecks bekannt ist, ergiebt sich die des dritten, weil wir wissen, daß alle Winkel eines Dreiecks zusammengenommen gleich zwei rechten ($= 180^0$) sind. Auf diese Weise findet man, daß der Winkel bei *M*, der allgemein die Parallaxe des Mondes heißt, 56 Minuten und 58 Secunden beträgt. Wir kennen also in dem rechtwinkligen Dreieck *MAC* die Größe des Winkels $M = 56'58''$, sowie die des Erdhalbmessers = 860 Meilen, und dies reicht hin, um mittels trigonometrischer Berechnung die Größe der Seite *MC*, d. h. die Entfernung des Mondes von der Erde zu finden. *AC* ist nämlich der Sinus des Winkels *M*, und nach den Tafeln ist der Sinus eines Winkels von $56'\,58'' = \frac{1652}{100000}$. Mit anderen Worten heißt dies nach §. 19: Theilen wir die Constante *MC*, d. i. die Entfernung des Mondes, in 100000 gleiche Theile, so ist der Sinus *AC*, nämlich der Halbmesser, gleich 1652 von diesen Theilen. 1652 ist aber 60mal in 100000 enthalten, folglich ist die Entfernung des Mondes gleich 60 Erdhalbmessern oder $60 \times 860 = 51600$ Meilen.

Auf ähnliche Weise hat man die Parallaxe der Sonne $= 8{,}6''$ und hieraus die Entfernung der Sonne gleich 20 Millionen Meilen gefunden.

Sobald wir aber die Entfernung der Sonne und des Mondes sowie die 22
scheinbare Größe derselben kennen, so läßt sich die wirkliche Größe derselben leicht berechnen. Denken wir uns nämlich unter *AC* (Fig. 20) den Halbmesser des Mondes, unter *AM* die Entfernung desselben von der Erde, so ist, wenn wir *AM* zu Constanten wählen, *AC* die trigonometrische Tangente des Winkels *M*. Nun hat man aber durch Beobachtungen den scheinbaren Durchmesser des Mondes oder den Sehwinkel, unter welchem er den bei *M* befindlichen Beobachter erscheint, $= 31'\,16''$ gefunden. Die scheinbare Größe des Mondhalbmessers beträgt daher $15'\,38''$. Die trigonometrische Tangente eines Winkels von $15'\,38''$ verhält sich aber zur Constante wie 454 : 100000. Hieraus erhält man, weil die Constante $AM = 51600$ Meilen ist, für $AC = \frac{454 \times 51600}{100000}$ = 234 Meilen, und für den wirklichen Durchmesser des Mondes, welcher zweimal *AC* ist, 468 Meilen. Auf dieselbe Weise berechnet man aus dem scheinbaren Sonnendurchmesser, welcher $= 32'\,0^{88}/_{100}''$, und ihrer Entfernung den wirklichen Durchmesser derselben zu 192608 Meilen.

II. Allgemeine astronomische Erscheinungen.

A. Die Erde.

23 **Gestalt.** Es ist ein großer Vortheil für die Darstellung der astronomischen Erscheinungen, daß wir fast schon von frühester Jugend mit der Vorstellung vertraut gemacht werden, die Erde und die Gestirne als kugelförmige, frei im Weltraum schwebende Körper zu betrachten. Wir durften daher in den früheren Abschnitten dies als bekannt voraussetzen und uns vorbehalten, den Beweis dafür nachträglich zu liefern.

Für die Kugelgestalt unserer Erde sprechen nun unwiderleglich die folgenden Thatsachen. Welchen Standpunkt auf der Erde wir auch wählen mögen, so läßt sich immer nur ein verhältnißmäßig geringer Theil ihrer Oberfläche ringsum überblicken, der viel ausgedehnter sein müßte, wenn die ganze Erdoberfläche eine Ebene wäre. Verfolgen wir ferner ein auf glattem Meeresspiegel von uns sich entfernendes Schiff, Fig. 21, mit den Augen, so verschwindet zuerst der untere

Fig. 21.



Theil, und erst nach und nach Mast und Wimpel desselben. Es ist dies eine ganz ähnliche Erscheinung, wie wenn Jemand von uns hinweggehend einen gerundeten Hügel hinabsteigt, wo uns zuerst dessen Füße und zuletzt der Hut unsichtbar wird, während dieser das Erste ist, was bei der umgekehrten Bewegung zum Vorschein kommt. Sodann haben unzählige in allen Richtungen zu Wasser und zu Lande unternommene Reisen es geradezu bewiesen, daß man einen Weg um diese Kugel beschreiben kann, daß man, von einem Punkte der Erdoberfläche stets in derselben Richtung fortschreitend, endlich wieder zu demselben zurückkommt, was freilich vieler Hindernisse wegen nicht in jeder beliebigen Richtung ausführbar ist. Wir schließen endlich auf die kugelförmige Gestalt der Erde aus der runden Form des von ihr bei Mondfinsternissen auf den Mond geworfenen Schattens und aus dem Umstand, daß an vielen anderen Himmelskörpern die Kugelgestalt durch die Beobachtung außer allen Zweifel gesetzt ist.

Ungeachtet der Kugelgestalt der Erde erscheint uns ihre Oberfläche als eine Ebene, was lediglich die Folge ihrer beträchtlichen Größe ist. Selbst von Bergspitzen, die eine Höhe von 10000 Fuß haben, erblickt das Auge nur $^{1}/_{4000}$ des ganzen Flächenraums der Erde, und dieser kleine Theil erscheint ihm daher als Ebene. (Ueber die Abplattung der Erde s. Physik §. 64.)

24 **Grösse der Erde.** Es wurde in §. 21 bereits gezeigt, wie es möglich ist, einen Körper von so großer Ausdehnung wie die Erde genau zu messen.

Hiernach ergeben sich für die Größenverhältnisse der Erdkugel die folgenden Zahlen:

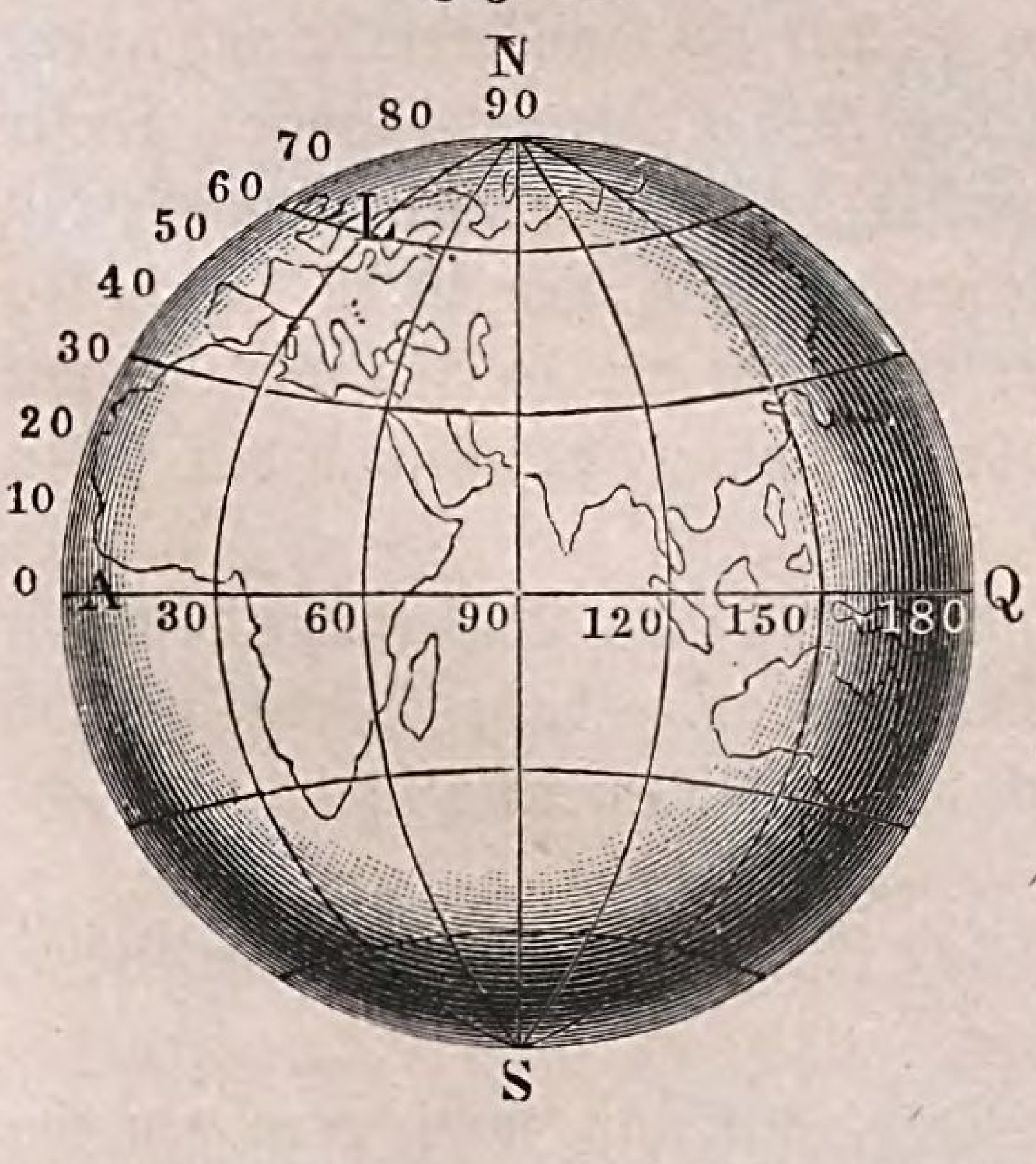
Durchmesser der Erde	=	1 719 Meilen
Größter Umfang . .	=	5 400 Meilen
Oberfläche	=	9 261 000 Quadratmeilen
Körperlicher Inhalt .	=	2 650 184 000 Kubikmeilen.

Aus diesen Zahlen folgt von selbst, daß die Erhabenheiten auf der Erdoberfläche, nämlich die Gebirge, in Beziehung auf die Gestalt des ganzen Körpers von keinem Einfluß sind. In der That, wenn wir uns die Erde durch eine Kugel von 25 Centimeter Durchmesser vorgestellt denken, so gleichen unsere höchsten Gebirge etwa Sandkörnchen von 1 Millimeter Höhe, die an der Oberfläche dieser Kugel hängen.

Eintheilung der Erde. Eine auf der Kegelbahn laufende Kugel 25
hat außer dem Wege zu ihrem Ziele noch eine zweite Bewegung. Wir sehen, daß die an ihrer Oberfläche hängenden Sandkörnchen, je nach der Stelle, wo sie sich befinden, kleinere oder größere Kreise um zwei einander gegenüberliegende Punkte der Kugel beschreiben, und wir nennen die durch den Mittelpunkt der Kugel und diese Punkte gedachte Linie die Umdrehungsachse oder kurz die Achse der Kugel.

Es ist erwiesen, daß die Erde, Fig. 22, ebenfalls um eine Achse NS sich dreht, deren Endpunkte Pole heißen. Der eine dieser Pole, N, wird Nordpol, der andere, S, wird Südpol genannt, und der in gleicher Entfernung von beiden Polen um die Erde gezogene größte Kreis AQ ist der Erdgleicher oder Aequator, da er die Erdoberfläche in zwei gleiche Theile, nämlich in die nördliche und südliche Halbkugel, scheidet. Der Aequator wird in 360 gleiche Theile oder Grade getheilt, deren jeder, wie bereits §. 21 erwähnt wurde, 15 Meilen lang ist. Von jedem dieser Theilungspunkte denken wir uns einen Kreis durch die beiden Pole gezogen, so daß die Erdkugel gleichsam von 180 Reifen umspannt erscheint, von welchen wir hier jedoch nur einige von je 30 zu 30 Graden gezeichnet haben. Diese senkrecht durch den Aequator und durch die beiden Pole der Erde gehenden Kreise werden Meridiane genannt und haben natürlich alle gleiche Größe. Ihre am Aequator 15 Meilen betragende gegenseitige Entfernung nimmt jedoch nach den Polen hin immer mehr ab, da sie ja nach denselben zusammenlaufen.

Fig. 22.



Um die Meridiane zu zählen, muß man an einem bestimmten Punkte, z. B. bei A, Fig. 22, anfangen. Auf der Erde denkt man sich den ersten Meridian über die im Atlantischen Ocean an der Westküste von Afrika liegende

Insel Ferro gehend und zählt von hier aus die folgenden Meridiane. In den verschiedenen Ländern hat man auch andere Meridiane, von welchen aus man die Zählung beginnt. So hat man in England den Meridian der bei London gelegenen Greenwicher Sternwarte, in Frankreich den Meridian der Pariser Sternwarte, in Amerika den der Sternwarte zu Washington zum ersten angenommen. Greenwich liegt 17° 40′ und Paris 20° östlich und Washington 59° 23′ westlich von Ferro.

Den Abstand irgend eines Meridians vom ersten Meridiane nennt man seine Länge, und wir bedienen uns desselben, um die Lage eines Ortes auf der Erdoberfläche zu bezeichnen. Es sei *L*, Fig. 22, eine Stadt, so ist ihre Länge 30 Grad, da sie unter einem Meridiane liegt, der vom ersten um 30° entfernt ist. So z. B. ist die Länge des Hekla auf Island 1°, von Oporto 9°, von Paris 20°, von Wien 34°, von Bagdad 62°, von Calcutta 106°, von Canton 131° u. s. w., auf welche Weise wir um die Erde herum wieder zum Ausgangspunkte kommen. Mit 180° der Länge hat man den Weg um die halbe Erdkugel beschrieben und somit die größte Entfernung vom ersten Meridian erreicht, dem man sich jetzt gerade gegenüber auf der andern Seite der Erde befindet und von diesem Punkte aus fortschreitend nähert man sich dem Anfangspunkte wieder.

26 Man sieht jedoch leicht, daß mit der Angabe der Länge eines Ortes die Lage desselben auf der Erdoberfläche noch nicht hinreichend bestimmt ist, denn wenn ich z. B. sage, die Länge eines Ortes ist 30°, so kann derselbe auf irgend einem beliebigen Punkte des ganzen Halbkreises *NLS*, Fig. 22, liegen. Dieser Punkt muß daher noch näher bezeichnet werden, und man theilt deshalb den ersten Meridian zu beiden Seiten des Aequators nach den Polen hin in 90 gleiche Theile, welche Breitegrade heißen, und zieht von da aus, parallel mit dem Aequator, die sogenannten Parallelkreise, die natürlich nach den Polen hin immer kleiner werden.

Unter der Breite eines Ortes verstehe ich daher die Entfernung desselben von dem Aequator nach einem der Pole, und man unterscheidet nördliche und südliche Breite, je nachdem der Ort auf der nördlichen oder südlichen Halbkugel liegt.

So z. B. hat der Punkt *L*, Fig. 22, 30° Länge und 60° nördliche Breite, liegt daher im südlichen Schweden.

Viel genauer ist jedoch die Lage eines Ortes bestimmt, wenn man von den Länge- und Breitegraden noch die Unterabtheilungen, nämlich Minuten und Secunden, angiebt. Wie wir nämlich schon in der Einleitung erwähnten, wird der Grad in 60 Minuten, die Minute in 60 Secunden abgetheilt.

Ungemein veranschaulicht wird diese Eintheilung der Erdoberfläche, wenn man auf einer Kugel die hauptsächlichsten der genannten Linien verzeichnet und die Umrisse der Welttheile sowie einige der bekanntesten Orte einträgt. Eine Vorrichtung der Art heißt künstliche Erdkugel oder Erdglobus, Fig. 23. Dieselbe ruht mittels zweier an ihren Polen befindlicher Stiften in einem messingenen Ring *M*, welcher der Meridian genannt wird und von der Kugel hinreichend

absteht, so daß diese innerhalb desselben frei um ihre Achse gedreht werden kann. Es lassen sich hierdurch alle auf die Umdrehung der Erde bezüglichen Erscheinungen sehr schön darstellen. Der Meridian liegt in zwei sich gegenüber liegenden Einschnitten des Horizontalgestelles und in einem dritten am Fuße desselben. Diese Einrichtung gestattet, dem Globus eine dem jedesmaligen Standpunkt des Beobachters entsprechende Lage zu geben, genau so wie es nach §. 43 auch für den Himmelsglobus zu geschehen hat. Es stellt alsdann die horizontale Fläche HH' des Gestelles den Horizont des Beobachters vor.

Fig. 23.



Der Meridian ist vom Aequator anfangend in 90 Grade getheilt. Soll die Breite eines Ortes bestimmt werden, so bringe ich durch Umdrehung des Globus den Ort unter den Meridian und lese an diesem die Breite ab. Die Länge des Ortes wird zugleich auf dem in 30 Grade getheilten Aequator abgelesen.

Weitere Anwendungen des Erdglobus ergeben sich aus der Beschreibung des Himmelsglobus §. 43 und 44.

Als Beispiele geben wir in nachfolgender Tafel die Lage mehrerer Orte nach Breite und Länge.

O r t.	Länge (von Ferro gerechnet).	Breite (oder Polhöhe).	O r t.	Länge (von Ferro gerechnet).	Breite (oder Polhöhe).
		Nördl.			Nördl.
Athen	41° 32′	38° 5′	London	17 35	51 31
Augsburg . . .	28 31	48 22	Mannheim . . .	26 7	49 29
Berlin	31 3	52 31	Mainz	25 56	50 0
Cöln	24 35	50 56	München . . .	29 14	48 8
Constantinopel .	46 36	41 1	Paris	20 0	48 50
Darmstadt . . .	26 19	49 52	Petersburg . .	47 59	59 56
Frankfurt a. M.	26 21	50 7	Prag	32 5	50 5
Göttingen . . .	27 36	51 32	Rom	30 9	41 54
Hamburg . . .	27 38	53 33	Riga	41 47	56 57
Innsbruck . . .	29 3	47 16	Stralsund . . .	30 46	54 19
Königsberg . .	38 10	54 43	Wien	34 2	48 12
Leipzig	30 1	51 20			

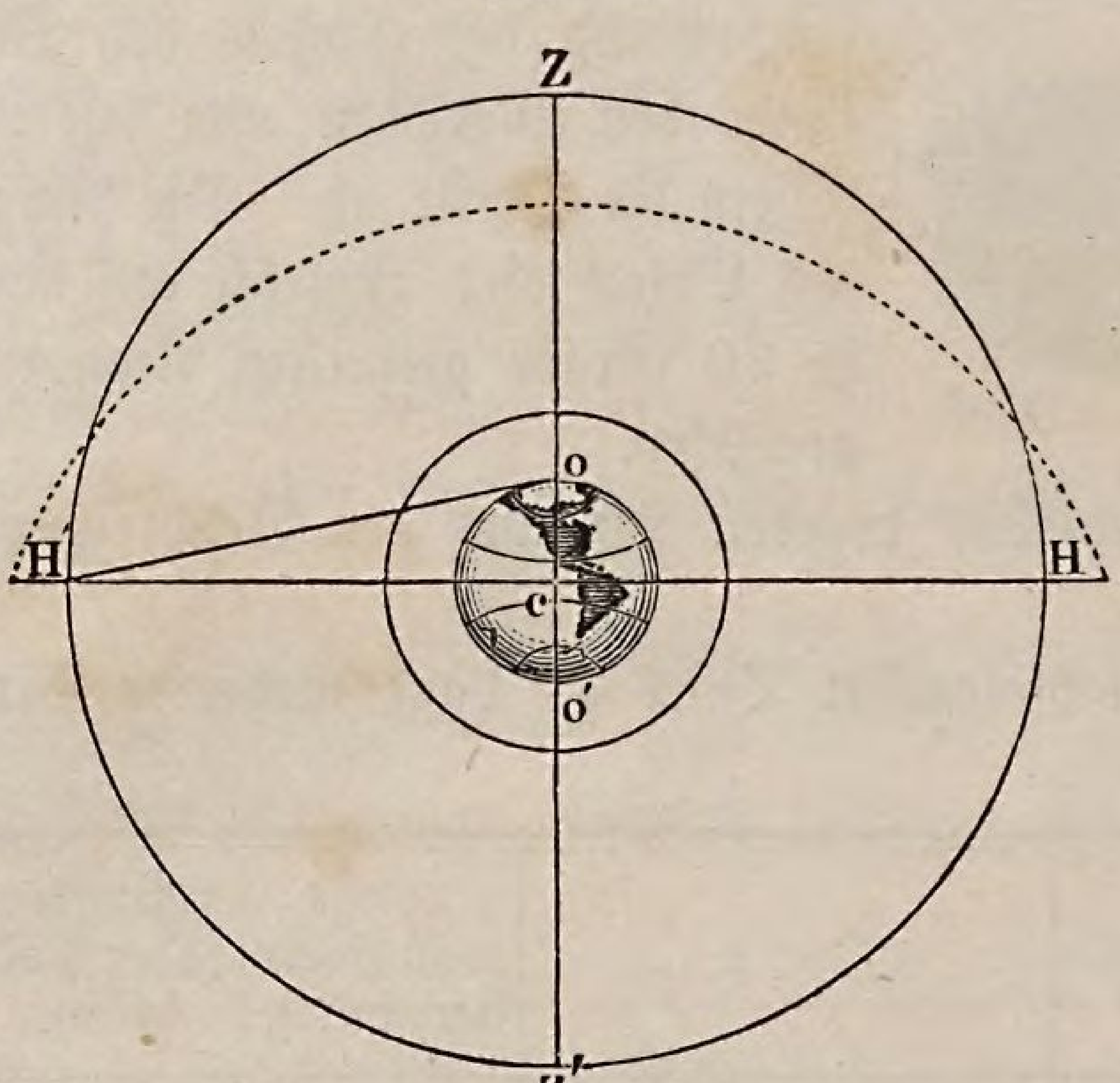
Deutschland liegt zwischen 23° 26′ und 40° 33′ östl. Länge und zwischen 44° 46′ und 55° 53′ nördl. Breite.

B. Eintheilung des Himmels.

27 Der Standpunkt, von welchem das menschliche Auge hinausblickt in den Weltraum, ist die Erde. Auch ohne genauere astronomische Kenntniß können wir voraussetzen, daß Vieles sich in anderer Weise darstellen würde, wenn das Auge auf dem Monde, der Sonne oder auf einem der entferntesten Gestirne sich befände. Wir müssen deshalb den uns umgebenden Raum in Beziehung auf unsere Erde und uns selbst eintheilen, wir müssen in demselben gewisse Punkte, Linien und Regionen bezeichnen, ohne welche es nicht möglich wäre, die in demselben vorgehenden Erscheinungen überhaupt in bestimmter Weise zu besprechen.

Die Kugelgestalt der Erde läßt natürlich kein Oben oder Unten derselben erkennen, und es nimmt daher jeder Beobachter an, sein Standpunkt sei der höchste. Befänden wir uns z. B. an dem Punkte *o* der Erdkugel, Fig. 24, so befindet sich freilich der Bewohner des entgegengesetzten Punktes unter unseren Füßen. Allein der Bewohner von *o'* hätte dasselbe Recht, sich über uns zu dünken.

Fig. 24.



Wird eine Linie senkrecht durch den Körper des Beobachters *o* gelegt, so geht dieselbe, beliebig verlängert, durch den Mittelpunkt *C* der Erde und durch den Punkt *Z*, der gerade über dem Scheitel des Beobachters sich befindet und dessen **Zenith** genannt wird, nach dem entgegengesetzten Punkt *Z'*, welcher der **Nadir** desselben Beobachters ist.

Befindet sich ein Gestirn, z. B. die Sonne, an der Stelle von *Z*, so sagt man, dieselbe steht im Zenith des Beobachters *o*. Ein gleichzeitig bei *Z'*, d. h. im Nadir befindlicher Weltkörper kann natürlich von demselben Beobachter nicht gesehen werden.

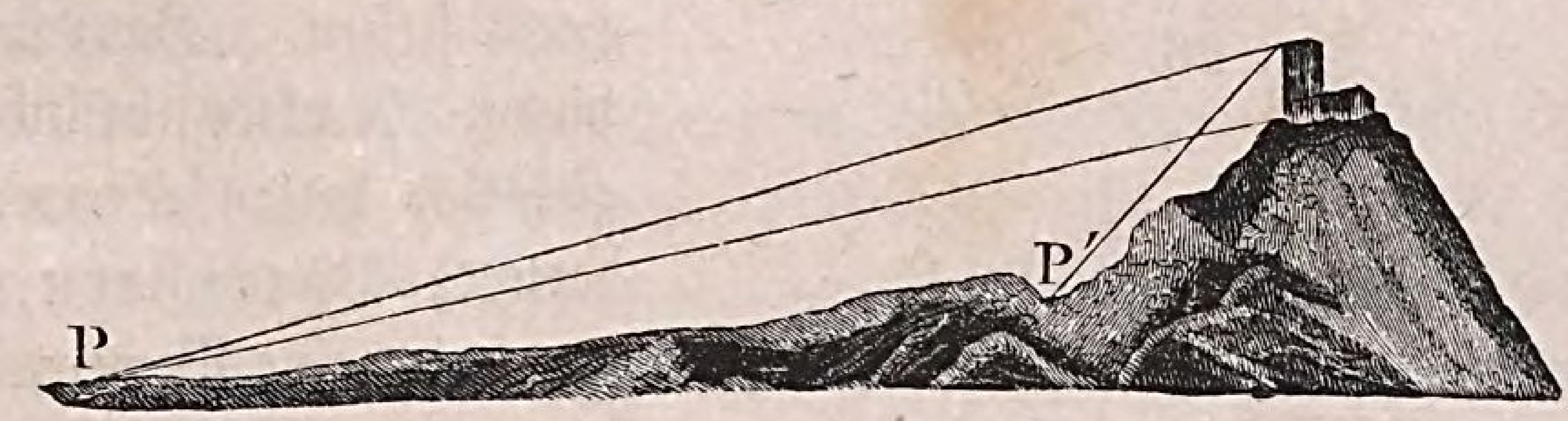
28 Betrachten wir von *o* aus den hellen Sternenhimmel, so erscheinen dem Auge alle an demselben schimmernden Sterne in gleicher Entfernung; es macht den Eindruck, als befänden wir uns inmitten eines ungeheuren Domes, an dessen innerer Wölbung jene Sterne befestigt seien. Dieses scheinbare Himmelsgewölbe, das ringsum die Erde umgiebt, wird durch den Kreis *ZH' Z' HZ*

vorgestellt, wobei natürlicherweise die Entfernung von *o* bis *Z* unendlich größer anzunehmen ist. Zu bemerken ist übrigens, daß in Folge einer optischen Täuschung das Himmelsgewölbe nicht genau halbkugelförmig erscheint, sondern ein wenig eingedrückt, etwa so wie die punktirte Linie es andeutet.

Scheinbarer und wahrer Horizont. Richtet aber der Beobachter seinen Blick nicht nach oben, sondern ringsum auf die Erdoberfläche selbst, so erscheint ihm dieselbe als eine kreisrunde Fläche, in deren Mittelpunkte er selbst sich befindet. Am reinsten stellt sich dies auf offener ruhiger See oder auf erhabenen Punkten, wie Bergspitzen, dar, und dieser Gesichtskreis, welcher der scheinbare Horizont genannt wird, erscheint ringsum begränzt von dem Gewölbe des Himmels, gleich als ob es rings auf demselben ruhe und von ihm getragen würde. Angeführt wurde bereits, daß selbst von 10 000 Fuß hohen Bergen das Auge nur $^1/_{4000}$ der Erdoberfläche überblickt, und in der Höhe von 25 000 Fuß, der größten Erhebung, die je ein Mensch erreichte, beträgt der Halbmesser des Gesichtskreises 43 deutsche Meilen. 29

Vom Gipfel eines Berges, Fig. 25, am Fuße des Thurmes, erblicken wir den in weiter Entfernung befindlichen Punkt *P* ebenso gut, als von der Spitze des Thurmes. Die Höhe des letztern ist zu gering, sie ist von keinem Einfluß auf sehr weit entfernte Gegenstände, sie dient nicht zur Erweiterung unseres Horizon-

Fig. 25.



tes. Daß jedoch diese Höhe von Einfluß für nahe Gegenstände ist, zeigt der Punkt *P'*, der zwar von der Spitze des Thurmes, nicht aber vom Fuße desselben aus sichtbar ist.

Dasselbe gilt im Großen von der Erde in Beziehung auf die in außerordentlich großer Entfernung von derselben befindlichen Sterne. Der Halbmesser *oc*, Fig. 26 (a. f. S.), der Erde ist im Vergleich mit jener Entfernung eine ganz verschwindende Größe, und es ist gewiß, daß ein Beobachter, den wir uns im Mittelpunkte *c* der Erde denken, keinen größern Theil des Himmels überblicken könnte, als der auf ihrer Oberfläche bei *o* befindliche. In der That kann ein bei *H'* stehender Stern ebenso gut von *o* aus gesehen werden, als von *c*, daher denn eine durch den Mittelpunkt der Erde gelegte Ebene *H'cH*, die senkrecht von der durch Zenith und Nadir (*Z* und *Z'*) des Beobachters *o* gehenden Linie geschnitten wird, den wahren Horizont des Beobachters *o* bezeichnet. In der Astronomie versteht man unter Horizont immer eine solche Ebene, und wie man sieht, theilt diese den Himmelsraum in zwei Hälften, deren eine über, die andere unter dem Horizont sich befindet. Es ist einleuchtend, daß ein unter dem Horizont befindlicher Gegenstand dem Auge nicht sichtbar sein kann.

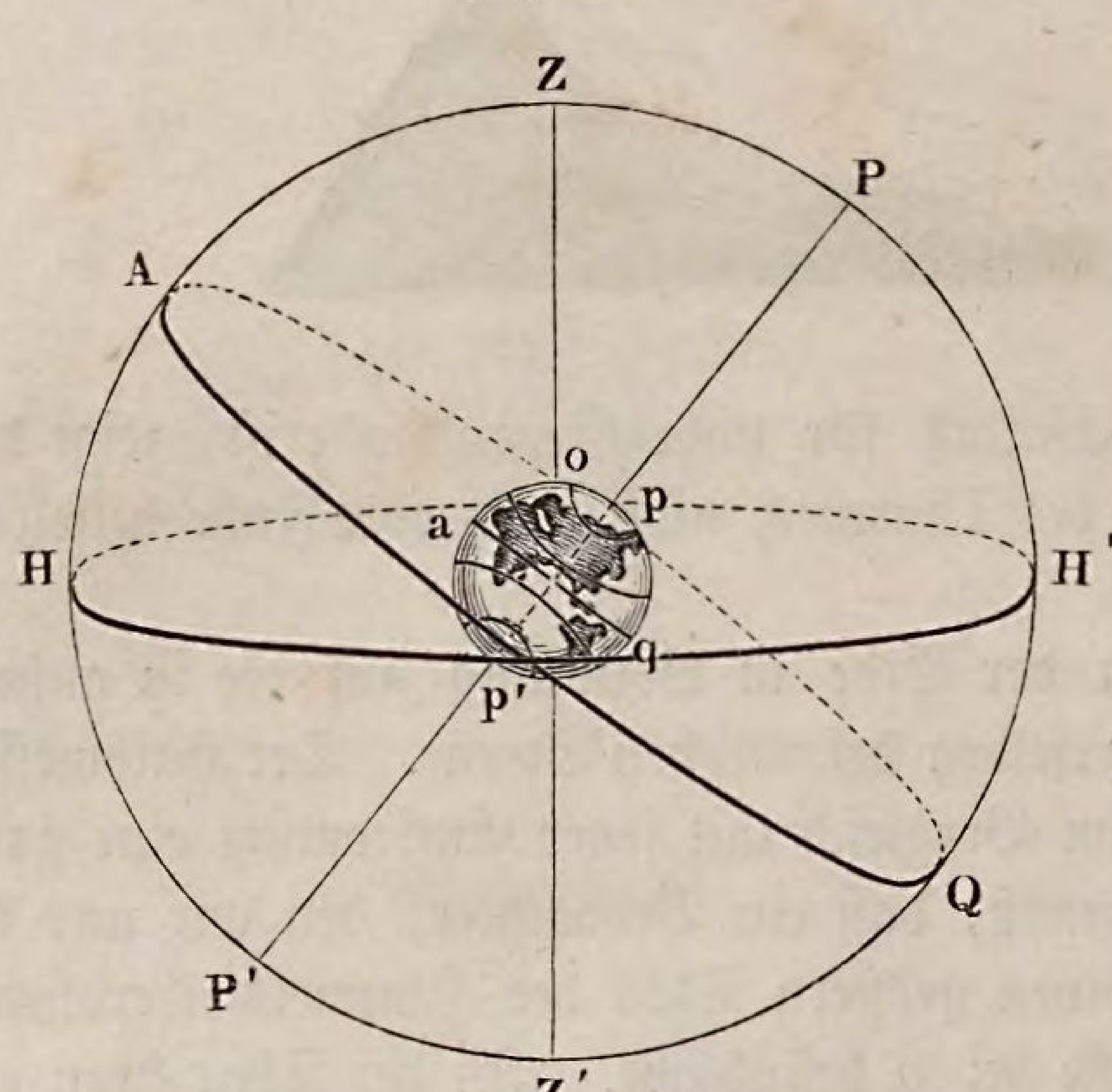
30 **Scheinbare Bewegung der Himmelskörper.** Wenn wir uns mit einer gewissen Geschwindigkeit, z. B. in einem Wagen, fortbewegen, so kommt es uns vor, als ob die am Wege stehenden Gegenstände, z. B. die Bäume, in entgegengesetzter Richtung sich bewegten, als ob sie uns entgegen und an uns vorbeiliefen. Diese scheinbare Bewegung ist so bekannt, daß sie kaum ein Kind zu täuschen vermag.

Allein dieselbe Täuschung erleben wir täglich in Folge der Umdrehung der Erde um ihre Achse. Es kommt uns vor, als ständen wir ganz ruhig und unverändert in der Mitte der hohlen Himmelskugel, die sich mit ihren Gestirnen um die Erde dreht. In der That war dies auch Jahrtausende lang die Ueberzeugung der Erdbewohner und es kostete keine geringe Schwierigkeit, die richtige Ansicht festzustellen.

Wir werden jedoch zunächst die Erscheinungen am Himmel so betrachten, als ob wirklich die Erde der feststehende Mittelpunkt desselben wäre. Wenn deshalb vom Aufgehen oder Untergehen u. s. w. der Sterne die Rede ist, so sind alle diese Bewegungen nur als scheinbare zu verstehen. Auch im gewöhnlichen Leben hat man alle Ausdrücke der scheinbaren Bewegungen beibehalten und ein großer Theil der Astronomie ist nichts anderes, als gleichsam eine Uebersetzung der scheinbaren Ereignisse am Himmel in die wirklichen.

31 Die aufmerksame Beobachtung des Sternenhimmels kann in einer einzigen Nacht uns überzeugen, daß alle sichtbaren Sterne Kreise beschreiben, die um so kleiner sind, je näher die Sterne einem gewissen Punkte P, Fig. 26, des Himmels stehen. Ganz in der Nähe dieses Punktes befindet sich ein ziemlich heller Stern, der sogenannte Polarstern, welcher so gut wie keine Bewegung hat, sondern dem Auge immerwährend an derselben Stelle erscheint. Bei der ungemeinen Wichtigkeit, welche dieser Punkt für die ganze Astronomie hat, wollen wir die Auffindung desselben am Himmel durch Fig. 27 erleichtern. Man erblickt hier das Sternbild des großen Bären, gebildet von sieben hellen Sternen und am nördlichen Himmel zu allen Jahreszeiten leicht aufzufinden. Denkt man sich die Linie, welche die Sterne α und β verbindet, in der Richtung von β über α hinaus verlängert und auf diese Verlängerung die Entfernung $\alpha\beta$ ungefähr $5^1/_2$ mal aufgetragen, so trifft man auf den gesuchten Polarstern. Eine von diesem durch den Mittelpunkt der Erde gezogene Linie PP', Fig. 26, stellt die Himmelsachse dar, um welche alle Gestirne ihre scheinbare Bewegung machen. Der durch die Erde gehende Theil pp' der Himmelsachse ist die Erdachse, deren

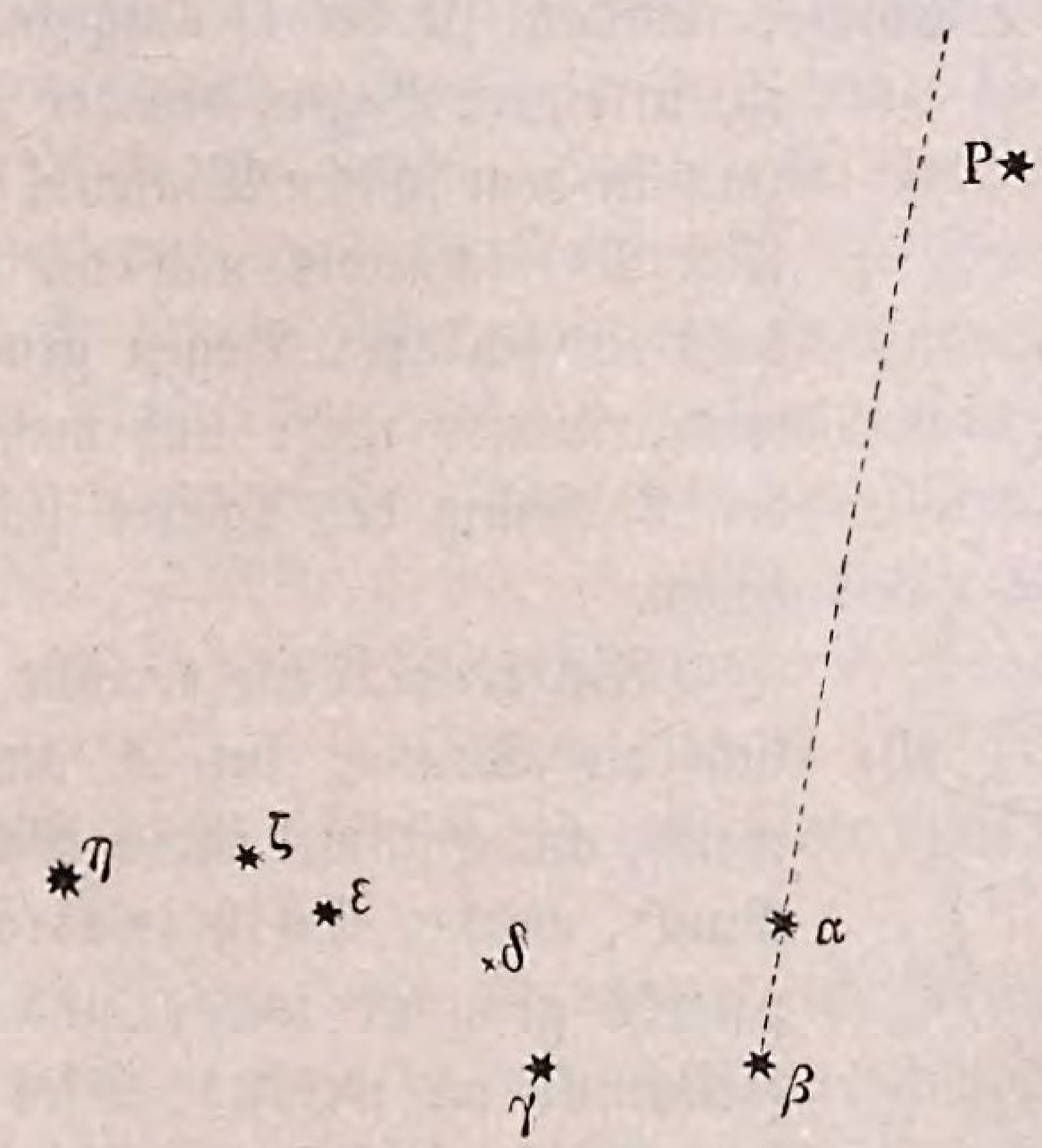
Fig. 26.



Nordpol p auf der Seite des Polarsterns, und deren Südpol p' auf der entgegengesetzten Seite liegt.

Wir haben also mit Hülfe der Gestirne die Lage der Erdachse bestimmt, und diese bezeichnet uns zugleich die Lage des Aequators. Denn wenn pp' die Erdachse ist, so ist aq der von beiden Polen gleich weit entfernte größte Kreis, dessen Ebene die Erdachse im rechten Winkel schneidet.

Fig. 27.



Denken wir uns die Ebene des irdischen Aequators erweitert, bis sie das Himmelsgewölbe erreicht, so erhalten wir den Aequator des Himmels, AQ, der diesen letztern in eine nördliche und südliche Halbkugel abtheilt. Natürlich können wir den Aequator nicht an den Himmel zeichnen. Allein wir können uns diese Linie denken und diejenigen Sterne bemerken, durch welche der Aequator geht. Bei astronomischen Besprechungen wird unter Aequator stets der des Himmels verstanden.

Einem Beobachter können wir nun auf der Erdoberfläche in Beziehung zur Erdachse verschiedene Stellungen geben, die von wesentlichem Einfluß auf die Art sind, in welcher die Erscheinungen am Himmel sich darstellen. Einmal kann derselbe an einem der beiden Pole, z. B. bei p, sich befinden, oder an einem Punkte des Aequators, z. B. bei a, oder endlich an irgend einer Stelle der Erdoberfläche, die zwischen Pol und Aequator sich befindet, wie z. B. o.

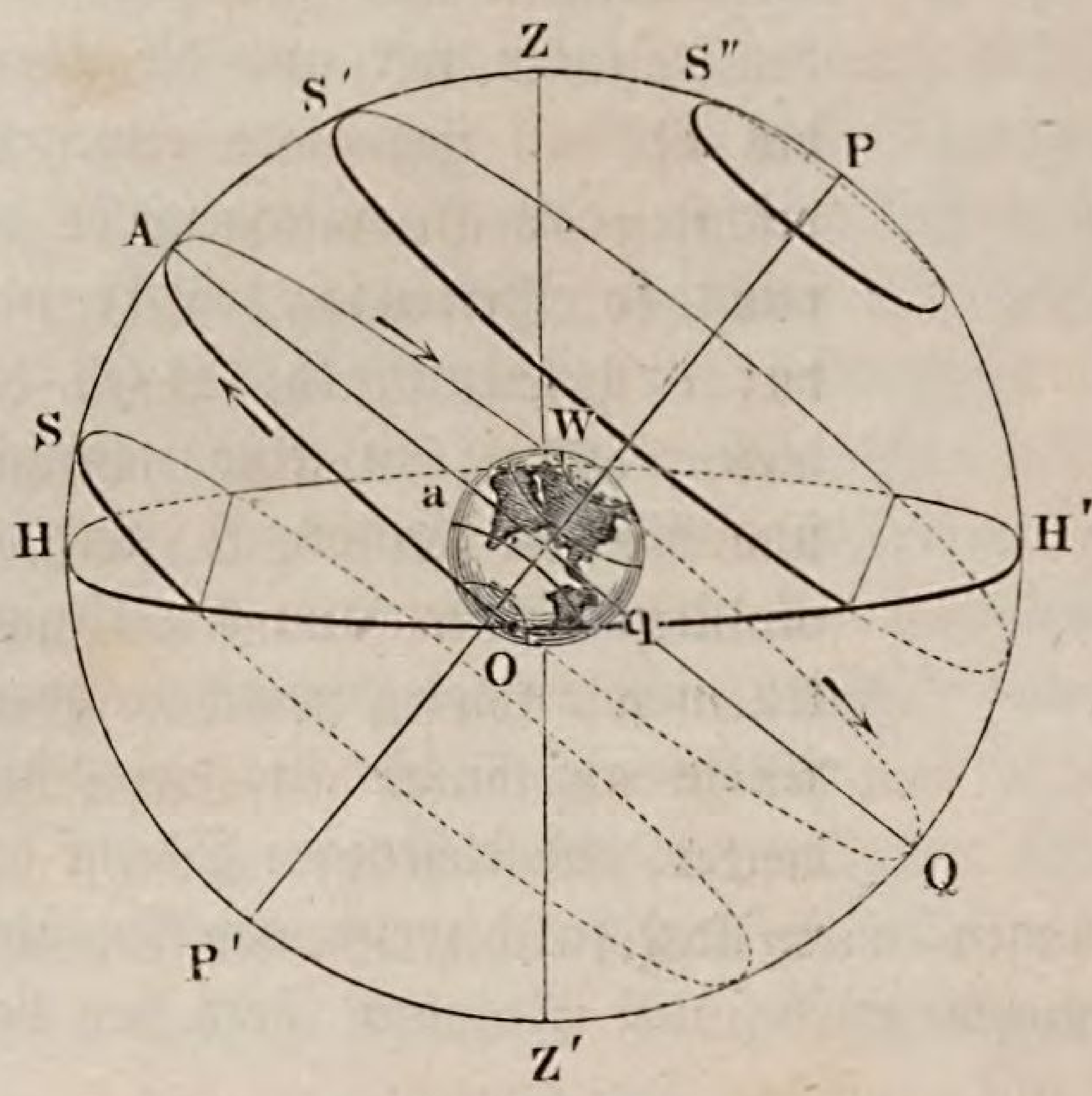
Der letztere Fall ist der am häufigsten vorkommende, und namentlich befinden sämmtliche Europäer sich in demselben, so daß wir zuerst die Erscheinungen beschreiben wollen, wie sie sich einem Beobachter darstellen, der sich in o, Fig. 26, befindet. Dieser Punkt ist vom Nordpol um beiläufig 40° entfernt, was etwa der Gegend von Frankfurt und des mittlern Deutschlands entspricht.

Erscheinungen am Tage. Wenden wir nun von unserm Stand- 32
punkt, der in Fig. 28 (a. f. S.) senkrecht unter Z liegt, am 21. März Morgens etwas vor sechs Uhr den Blick nach der hellsten Stelle des Horizonts, so sehen wir an einem Punkte O desselben die Sonne über den Horizont sich erheben oder aufgehen. Wir nennen den Punkt, wo dieses stattfindet, Morgen oder Ost, und der auf der gerade entgegengesetzten Stelle des Horizonts, also um 180° vom Ostpunkt entfernt liegende Punkt W wird Abend oder West genannt. Sehen wir von Ost nach West, so wird der links um 90° vom Westpunkte entfernte Punkt H des Horizonts als Mittag oder Süd bezeichnet, und diesem gegenüber, 90° rechts von West entfernt, bei H', ist Mitternacht oder Nord.

Diese vier Punkte am Horizont werden die vier Weltgegenden genannt, und die geraden Linien, welche je zwei einander gegenüberliegende Weltgegenden verbinden, schneiden sich im Mittelpunkte der Erde unter rechten Winkeln. Die Linie, welche Süd mit Nord verbindet, wird die Mittagslinie genannt.

33 Die Umdrehung der Erde findet in der Richtung von West nach Ost Statt. In Folge davon sehen wir die Sonne, nachdem sie bei *O* aufgegangen ist, in einem Bogen, den der Horizont in dem spitzen Winkel *A O H*, Fig. 28, schneidet und der deshalb ein schiefer Bogen genannt wird, immer mehr und mehr in der Richtung des Pfeiles sich erheben.

Fig. 28.



Auf diese Weise erreicht endlich die Sonne, bei *A* ankommend, am Himmel ihren höchsten Punkt, welcher Culminationspunkt genannt wird, und der Zeitpunkt an welchem dieses eintritt, heißt Mittag. Von diesem Augenblick an sehen wir die Sonne in der Richtung des zweiten Pfeiles nach dem Horizont wieder hinabsteigen und endlich im Westpunkt *W* desselben verschwinden oder untergehen. So lange die Sonne über dem Horizont sich befindet, erhellt ihr blendendes Licht die Oberfläche der Erde und den über dem Beobachter befindlichen Theil der Atmosphäre, so daß alle übrigen Gestirne am Himmel überstrahlt werden und daher unsichtbar sind. Wir nennen bekanntlich diese Zeit Tag und den Bogen *O A W*, welchen die Sonne während derselben beschreibt, den Tagbogen.

Sowie aber die Sonne untergegangen ist, so hat der glänzende Tag sein Ende erreicht. Es tritt die Dämmerung ein, welcher alsbald die Nacht folgt und die Erde in Dunkelheit hüllt, während an dem Gewölbe des Himmels die Sterne auftauchen, zu welchen nicht selten der Mond sich gesellt, und das von denselben verbreitete Licht vermindert die nächtliche Dunkelheit nicht unbedeutend. Der Bogen *W Q O*, welchen die Sonne unter dem Horizont zurücklegt, heißt ihr Nachtbogen. Bei *Q* erreicht die Sonne ihren tiefsten Standpunkt oder ihre untere Culmination.

Die Zeit, welche die Sonne braucht, um auf diese Weise die scheinbare Bewegung von *O* nach *A*, *W*, *Q* bis wieder nach *O* zurückzulegen, wird ein mittlerer Sonnentag, oder kürzer bloß ein Tag genannt und in 24 Stunden eingetheilt.

Man sieht sogleich, daß der Weg *O A W Q O*, welchen die Sonne am 21. März zurücklegt, dieselbe Linie ist, welche wir weiter oben §. 32 als Aequa-

tor des Himmels bezeichnet haben, und es geht also an diesem Tage die Sonne durch den Aequator. Auch erkennt man, daß der Tagbogen *OAW* gleich ist dem Nachtbogen *WQO*, daß folglich Tag und Nacht die gleiche Dauer von 12 Stunden haben. Man nennt den Zeitpunkt, wo dieses stattfindet, die Frühlings-Nachtgleiche oder das Frühlings-Aequinoctium.

Bekanntlich ändert sich aber die Dauer von Tag und Nacht im Laufe des Jahres ungemein. Unmöglich kann daher die Sonne während des ganzen Jahres im Aequator stehen. Dieses ist auch in der That nicht der Fall, denn beobachtet man um die Mittagszeit die Sonne einige Wochen später, so sieht man, daß sie viel höher über den Horizont *HH'* hinaufrückt und dem Pole *P* genähert ist, ja es nimmt dieses Hinaufrücken der Sonne nach dem Pole täglich zu, bis dieselbe am 21. Juni Mittags ihren höchsten Standpunkt bei *S'* erreicht hat. Ihre Erhöhung über dem Aequator beträgt alsdann $23^1/_2{}^0$. Offenbar ist der an diesem Tage beschriebene Tagbogen viel größer als der Nachtbogen, folglich der Tag beträchtlich länger als die Nacht. Wir haben daher am 21. Juni den längsten Tag, und man sagt, die Sonne befindet sich im Sommer-Solstitium.

Von diesem Tage an nähern sich die von der Sonne beschriebenen Bogen wieder mehr und mehr dem Aequator und am 23. September tritt die Sonne abermals in den Aequator *AQ*, und wir haben alsdann Herbst-Nachtgleiche oder Herbst-Aequinoctium. In den hierauf folgenden Tagen entfernt sich die Sonne südlich vom Aequator, ihre Tagbogen werden immer kleiner, die Tage folglich immer kürzer, bis dieselbe am 21. December im Winter-Solstitium angekommen ist, an welchem wir den kürzesten Tag haben. Von nun an nähert sich die Sonne wieder dem Aequator und tritt am 21. März abermals in denselben ein.

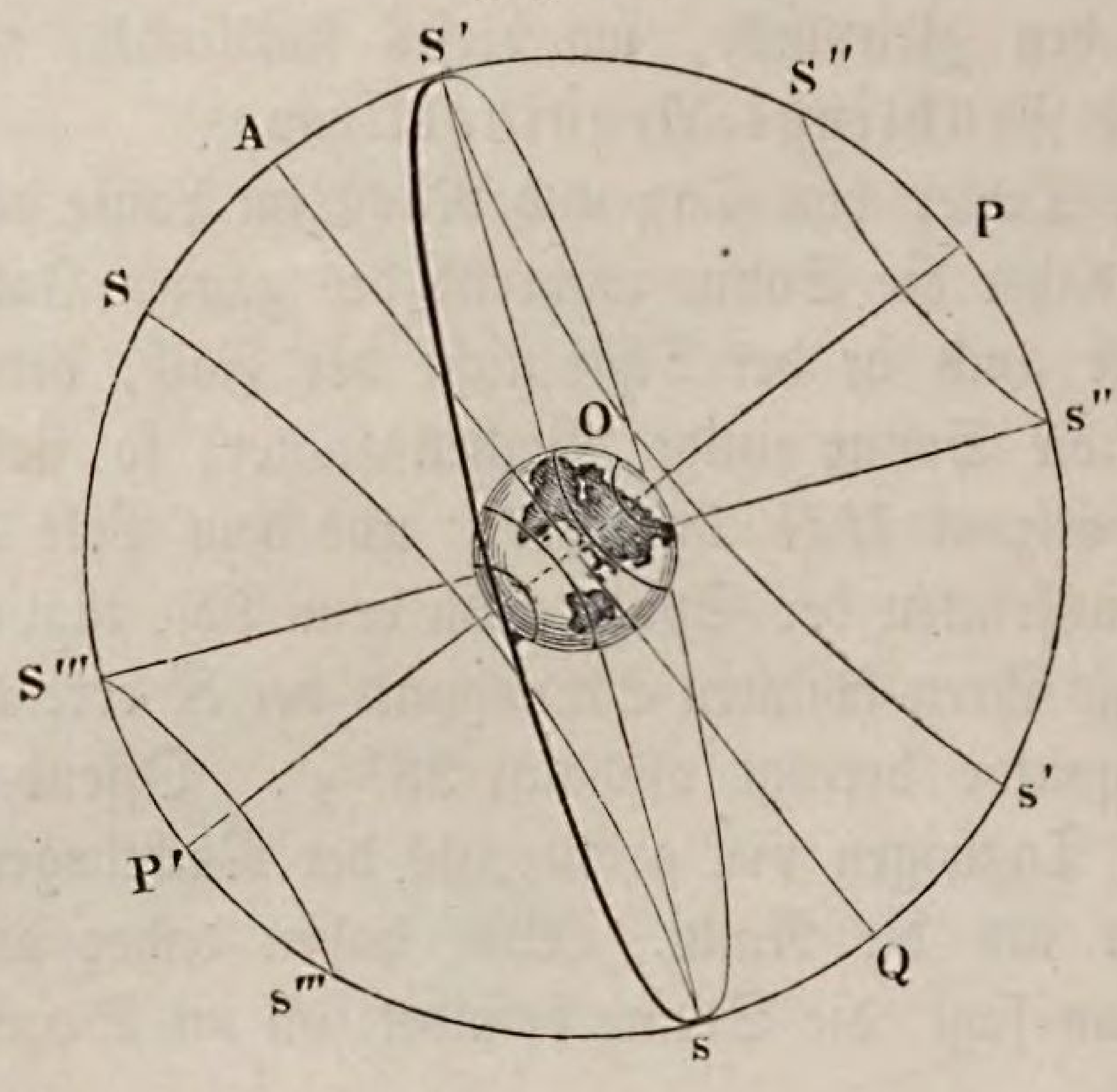
Die Zeit, innerhalb welcher wir diese Beobachtung machen, die also die Sonne braucht, um von dem Aequator nach ihrem höchsten Punkt *S'* hinaufzusteigen, sodann ihren tiefsten Punkt *S* zu erreichen, und endlich wieder in den Aequator einzutreten, wird ein Jahr genannt, und dieses hat genau 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 48 Secunden.

Gleichzeitig sehen wir, daß die Sonne dem Beobachter nicht jeden Tag an derselben Stelle auf- und untergeht, daß vielmehr die Punkte des Auf- und Untergangs mehr nach Norden (*H'*) rücken, wenn die Tage zunehmen, und mehr nach Süden (*H*), wenn sie abnehmen. Der Punkt *O*, wo die Sonne bei der Nachtgleiche aufgeht, wird auch der Frühlingspunkt genannt.

Ekliptik. Nach dem Vorhergehenden hat also die Sonne für uns 34
zweierlei scheinbare Bewegungen, nämlich eine kreisförmige, schief vom Horizont aufsteigende, die wir aus der Umdrehung der Erde und aus unserer Stellung zur Erdachse erklären, und sodann eine zwischen den Solstitialpunkten *S* und *S'*, Fig. 29 (a. f. S.), auf- und absteigende, aus welcher die Ungleichheit der Tage erfolgt. Sehen wir nun zunächst von der täglichen Bewegung der Sonne ab und bemerken uns, daß sie zur Zeit des Sommer-Solstitiums am 21. Juni

Mittags bei S' und ein halbes Jahr später, um Mitternacht des 21. Decembers, bei s steht, von wo sie nach abermals einem halben Jahre bei S' wieder ankommt, so können wir offenbar diesen jährlichen Weg der Sonne durch den Kreis vorstellen, dessen Durchmesser die Linie $S's$ ist und welcher die Ekliptik genannt wird.

Fig. 29.



Die Ebene der Ekliptik schneidet die Ebene des Aequators $A\,Q$ in einem Winkel von $23^1/_2{}^0$, und denselben Winkel macht die Achse der Ekliptik $S'''s''$ mit der Himmelsachse $P'P$. Wie man sieht, schließen die beiden Parallelkreise $S's'$ und Ss einen zu beiden Seiten des Aequators liegenden Gürtel des Himmels ein, außerhalb dessen die Sonne sich uns niemals zeigt. Diese beiden Parallelkreise selbst heißen Wendekreise, weil die Sonne, sobald sie in einem derselben angekommen ist, gleichsam umwendet, um sich dem Aequator wieder zu nähern. Die mit den Polen der Ekliptik $S'''s''$ um die Himmelspole P' und P beschriebenen Parallelkreise $S''s''$ und $S'''s'''$ heißen die beiden Polarkreise.

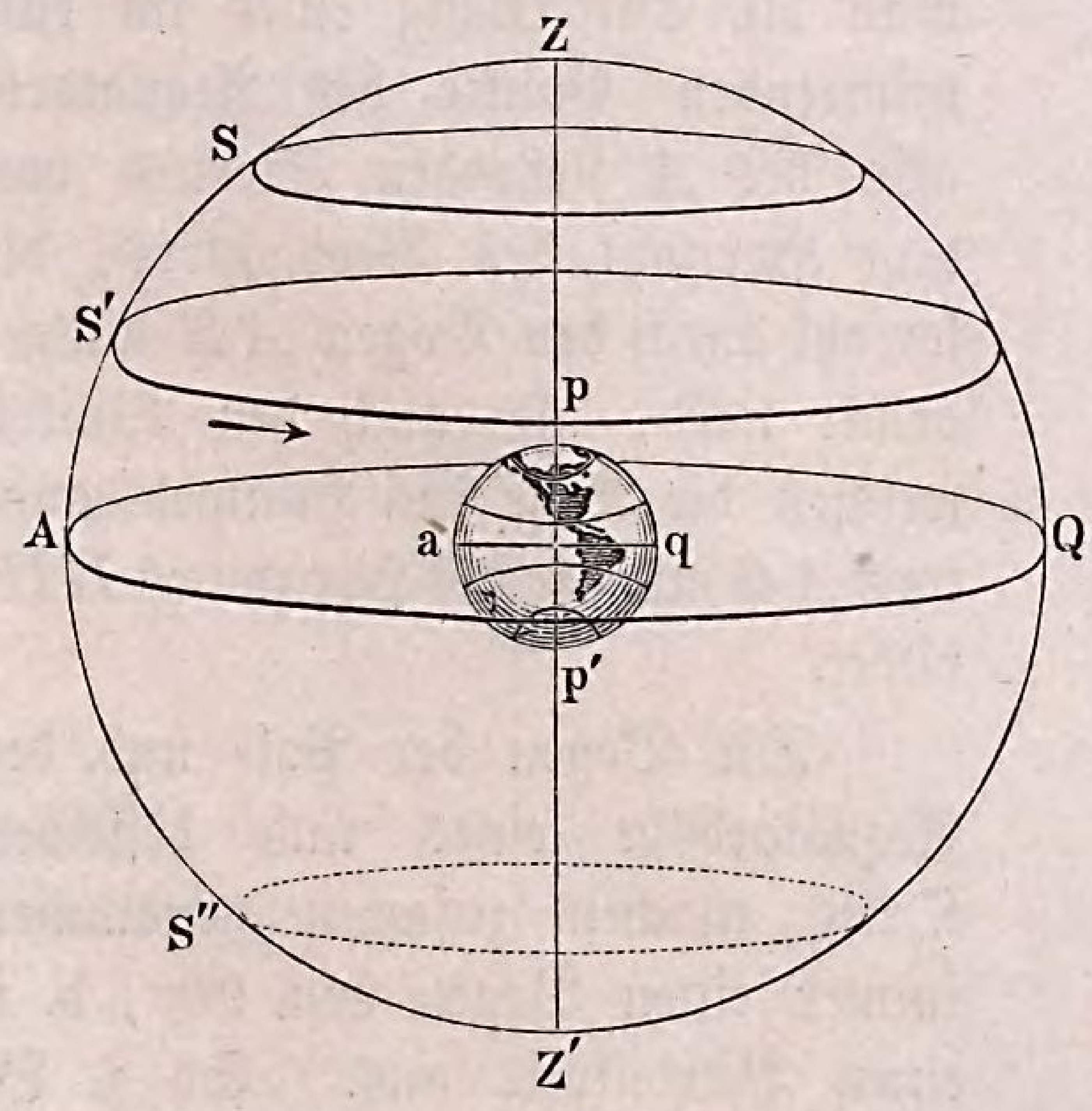
35 **Erscheinungen bei Nacht.** Auch die Sterne erreichen, indem sie ihre Kreise am Himmel beschreiben, für den Beobachter einen höchsten oder obern Culminationspunkt (S, A, S', S'', Fig. 28) und einen untern Culminationspunkt, der auf der entgegengesetzten Stelle der Himmelskugel liegt. Nur bei solchen Sternen, die z. B. bei S'', also näher bei dem Pole P stehen, können wir beide Culminationen wahrnehmen. Solche Sterne gehen für uns niemals unter, und wir erblicken sie auch am Tage, z. B. bei totalen Sonnenfinsternissen in der Nähe des Nordpols stehend. Die entfernteren Sterne S', A, S legen ihre Kreise theilweise unter dem Horizont zurück, sie gehen daher auf und unter. Manche derselben, die vom Pole sehr weit abstehen, erheben sich kaum über den Horizont, um sogleich wieder zu verschwinden. Diejenigen endlich, die dem Südpol P' näher sind, beschreiben um diesen ihre Kreise, ohne dem Beobachter jemals sichtbar zu werden.

Niemals finden wir jedoch bei den Fixsternen, daß sie gleich der Sonne ihre Stelle gegen Aequator und Pol ändern, daß sie denselben bald zu- bald abrücken. Ein solcher Stern, der heute im Aequator bei A steht, beschreibt auch in jeder folgenden Nacht des ganzen Jahres seinen Kreis im Aequator. Dasselbe gilt für alle übrigen Sterne, z. B. für S, S', S'', die wir das ganze Jahr über zu denselben Zeiten an der nämlichen Stelle antreffen.

36 Sehr von den seither beschriebenen abweichend sind jedoch die Erscheinungen, die am Himmel sich darbieten, wenn wir den Beobachter an dem Aequator

oder an einem der Pole der Erde aufstellen. Nehmen wir unsere Stellung z. B. am Nordpol p, Fig. 30, so steht natürlich der Polarstern in dem Zenith Z, und die Ebene des Horizonts fällt in die Ebene des Aequators $A\,Q$. Wenn die Sonne sich über dem Horizont befindet, so beschreibt sie, ohne unterzugehen, rings um den Horizont einen Kreis. Ebenso beschreiben Sterne bei S oder S' Kreise, die untereinander und mit dem Horizont $A\,Q$ parallel sind, daher sie für den Beobachter p weder auf- noch untergehen.

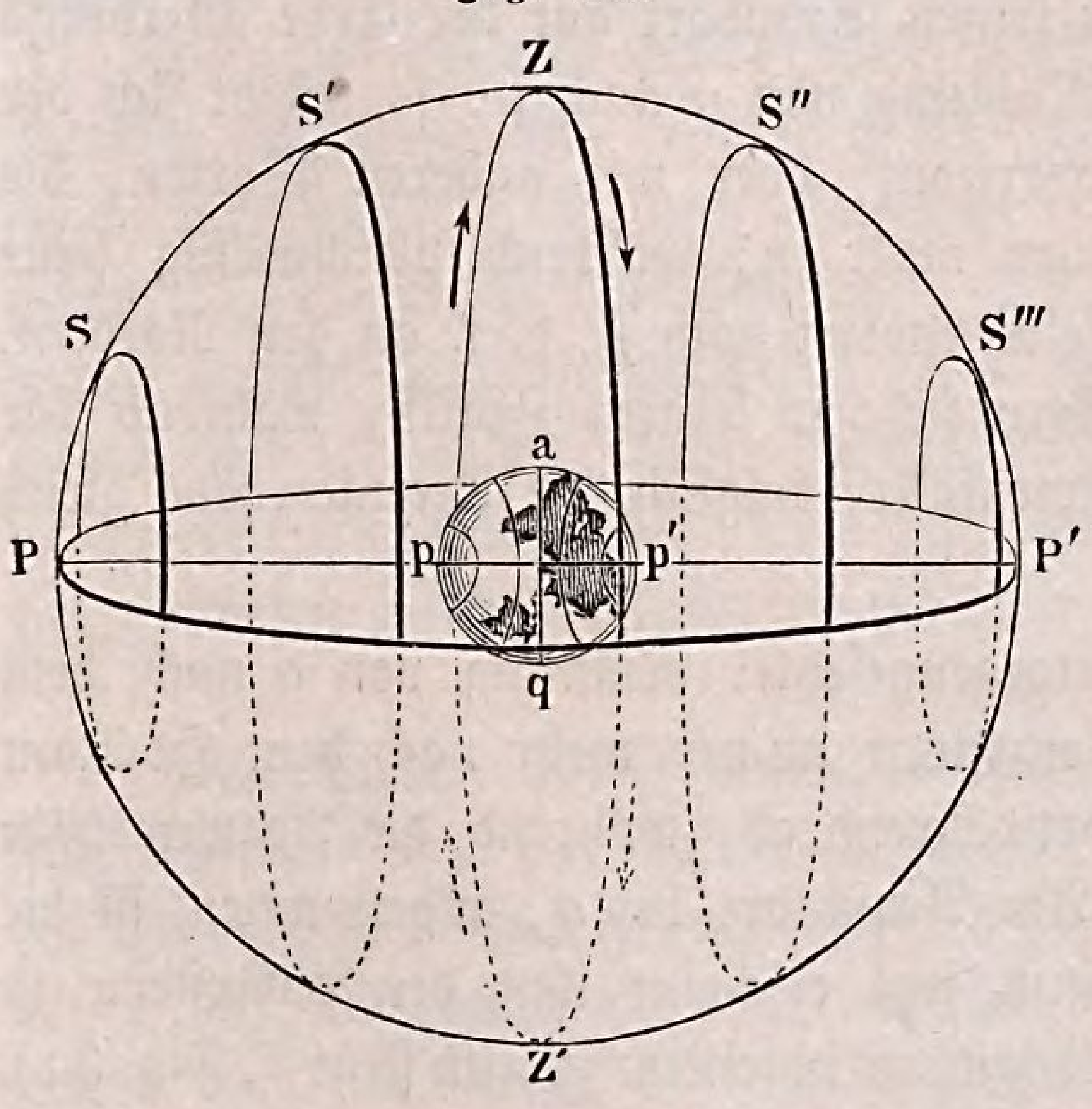
Fig. 30.



Wie später gezeigt wird, steht während der Hälfte des Jahres die Sonne über dem Horizont der in der Nähe des Nordpols Wohnenden, so daß sie während dieser Zeit gar nicht untergeht, der Tag folglich sechs Monate dauert. Eben so lange dauert die darauf folgende Nacht, wenn die Sonne unter den Horizont hinabsteigt und nun den Südpol-Bewohnern sechs Monate lang sichtbar wird.

Wenn ein Beobachter sich am Aequator der Erde, bei a, Fig. 31, be- 37
findet, so ist $p\,p'$ die Erdachse, und deren Verlängerung liegt alsdann im Horizont $P\,P'$ desselben Beobachters. Während der Polarstern bei P' im Horizont unbeweglich erscheint, erheben sich alle übrigen Sterne, z. B. S, S', Z, S'', S''', in senkrechter Richtung über den Horizont $P\,P'$ und beschreiben halbe Kreise über demselben. Ebenso steigt dort die Sonne senkrecht über den Horizont herauf, und wieder unter denselben hinab. Wie man sieht, sind alle Bogen über dem Horizont den unterhalb desselben befindlichen vollkommen gleich, daher am Aequator die Sonne oder die Sterne eben so lange sichtbar sind, als die Zeit währt, in der sie unsichtbar sind, folglich Tag und Nacht dieselbe Dauer von zwölf Stunden haben.

Fig. 31.

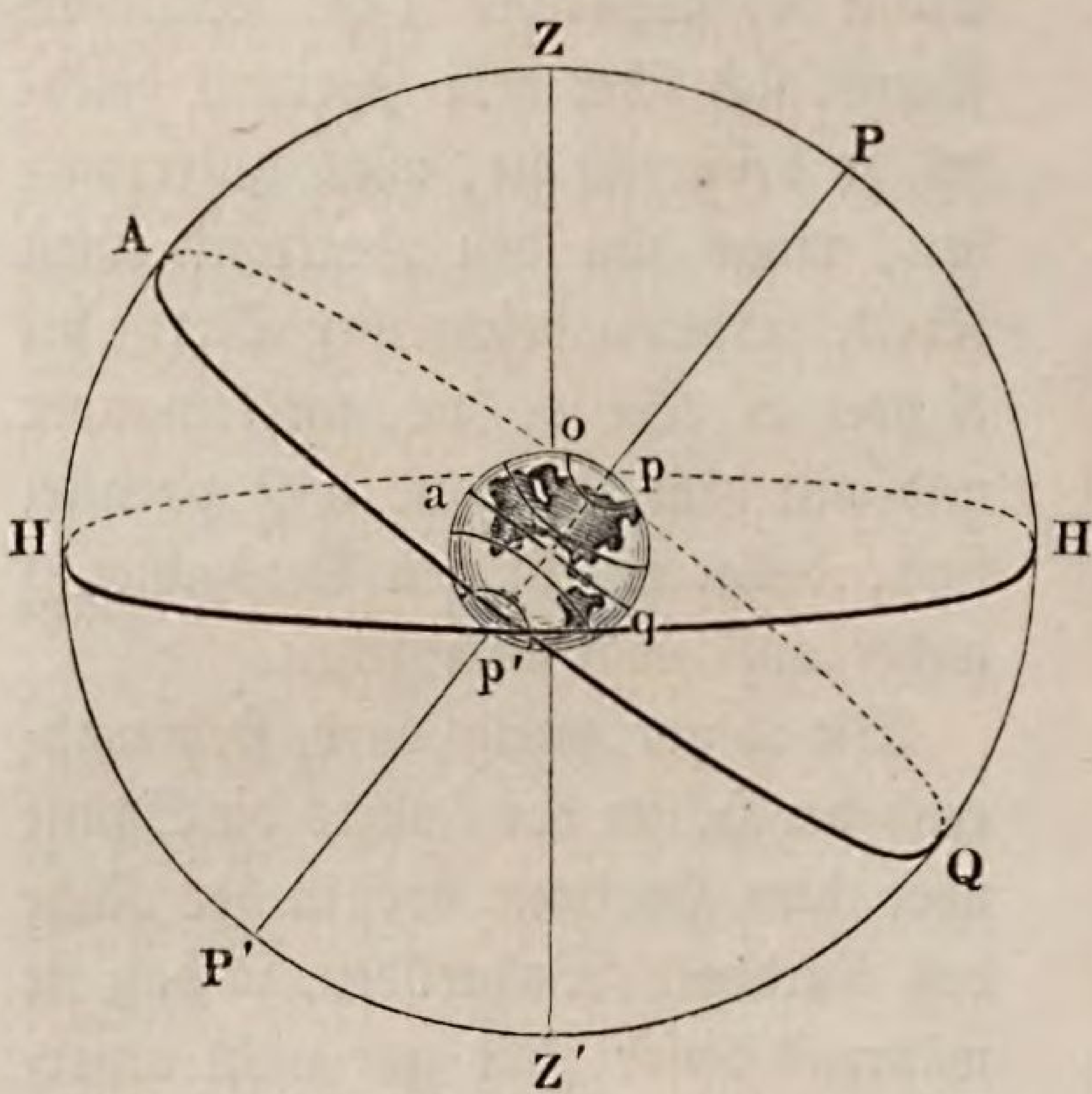


Polhöhe. Die Entfernung des Nordpols P, Fig. 32 (a. f. S.), von 38
dem Horizont $H\,H'$ eines Beobachters wird die Polhöhe des letztern genannt.

So z. B. wird die Polhöhe, in welcher der Polarstern bei P dem Beobach-

ter *o* erscheint, sowohl durch den Bogen PH' als auch durch den Winkel ausgedrückt, welchen die Himmelsachse PP' mit dem Horizont bildet.

Fig. 32.



Unter Aequatorhöhe versteht man die Entfernung eines im culminirenden Punkte des Aequators, also bei A stehenden Sternes von dem Horizont des Beobachters, die sowohl durch den Bogen AH ausgedrückt wird, als auch den Winkel, welchen die Achse des Himmelsäquators AQ mit der des Horizontes HH' bildet.

Die Bogen der Pol- und der Aequatorhöhe eines und desselben Ortes machen zusammengenommen immer einen Bogen von 90°, d. i. einen Viertelkreis aus. So z. B. sieht man in Dresden den Polarstern in einem Winkel von 51° 2′ 50″ gegen den Horizont und sagt daher, die Polhöhe von Dresden ist 51° 2′ 50″. Ziehen wir diese Zahl von 90° ab, so erhalten wir 38° 57′ 10″ als Aequatorhöhe desselben Orts. Da ein solcher Ort seine Lage auf der Erdoberfläche nicht verändert, so ist seine Polhöhe immer dieselbe, man sieht daselbst jederzeit den Polarstern gleich hoch über dem Horizont.

Dagegen kann ein Beobachter seinen Standort auf der Erde allerdings ändern. Geht derselbe z. B. in der Richtung von *o* nach *p*, so erhebt sich der Polarstern immer mehr über seinen Horizont, oder mit anderen Worten, die Polhöhe des Beobachters nimmt immer mehr zu, während gleichmäßig seine Aequatorhöhe abnimmt. Kommt derselbe endlich nach *p*, d. i. an den Nordpol, so ist seine Polhöhe 90°, der Polarstern steht in seinem Zenith, während der Aequator mit seinem Horizont zusammenfällt, folglich die Aequatorhöhe gleich Null ist (s. Fig. 30).

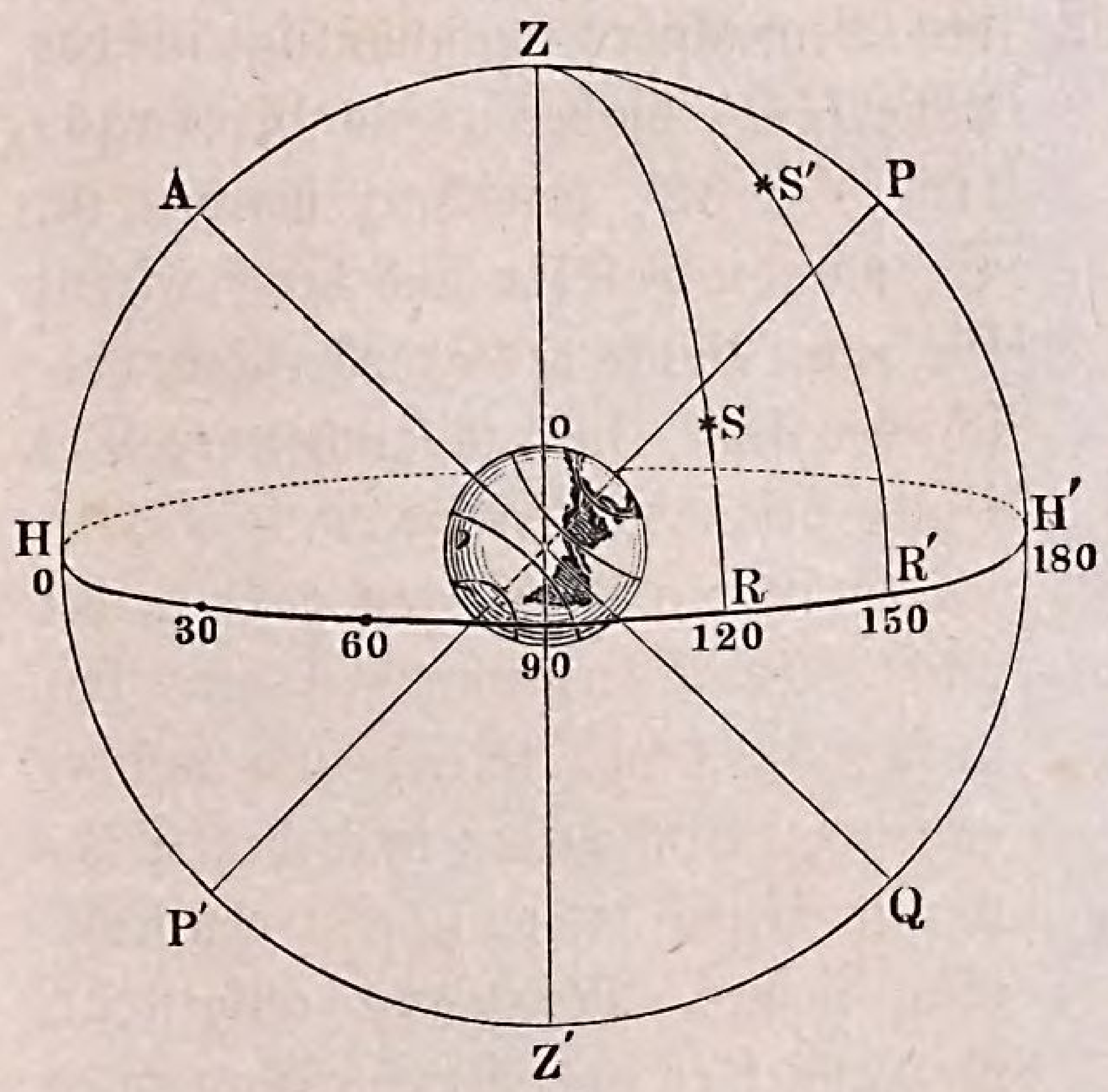
Findet dagegen die Reise in entgegengesetzter Richtung von *o* nach dem Aequator *a* zu Statt, so sinkt der Polarstern immer mehr nach dem Horizont hinab, folglich nimmt die Polhöhe fortwährend ab, während die Aequatorhöhe in demselben Verhältnisse zunimmt. Am Aequator, bei *a*, angekommen, ist die Polhöhe des Reisenden gleich Null, denn jetzt erscheint ihm der Polarstern im Horizonte liegend, während der Himmelsäquator in seinem Zenith steht (s. Fig. 31).

Wie man leicht sieht, bedeutet die Polhöhe oder die Aequatorhöhe eines Orts dasselbe, was wir in §. 27 unter seiner Breite verstanden haben, nämlich die Entfernung desselben vom Erdäquator.

Der Umstand, daß die Polhöhe für einen Stern abnimmt oder zunimmt, je nachdem man nach dem Aequator oder nach dem Nordpol reist, ist ein schlagender Beweis für die Kugelgestalt der Erde.

Unter der Höhe eines Sternes versteht man seinen Abstand vom Horizont 39
eines Beobachters. Um die Höhe auszudrücken, bedient man sich der sogenannten Verticalkreise ZR und ZR', Fig. 33, die man vom Zenith durch die betreffenden Sterne S und S' senkrecht auf den Horizont HH' gezogen denkt. Die Bogen SR, $S'R'$ sind alsdann die Höhen der Sterne S und S' für den Beobachter o. Zenithabstand derselben Sterne nennt man die Bogen SZ und $S'Z$, welche mit den ihnen zugehörigen Höhen einen Viertelkreis von 90^0 ausmachen.

Fig. 33.



Um jedoch auch die Stellung dieser Sterne in Beziehung auf den Horizont genauer bestimmen zu können, theilt man diesen vom Südpunkt H an bis zum Nordpunkt H' in 180 Grade, und nennt die Entfernung des Höhenkreises eines Sternes vom Südpunkt, in Graden ausgedrückt, das Azimuth dieses Sternes. So ist das Azimuth des Sternes S der Bogen $RH = 120^0$, das von S' der Bogen $R'H = 150^0$. Alle Sterne, die auf demselben Verticalkreise stehen, haben natürlich einerlei Azimuth und je nach der Seite des Himmels, auf der ein Stern steht, wird sein Azimuth ein östliches oder westliches genannt.

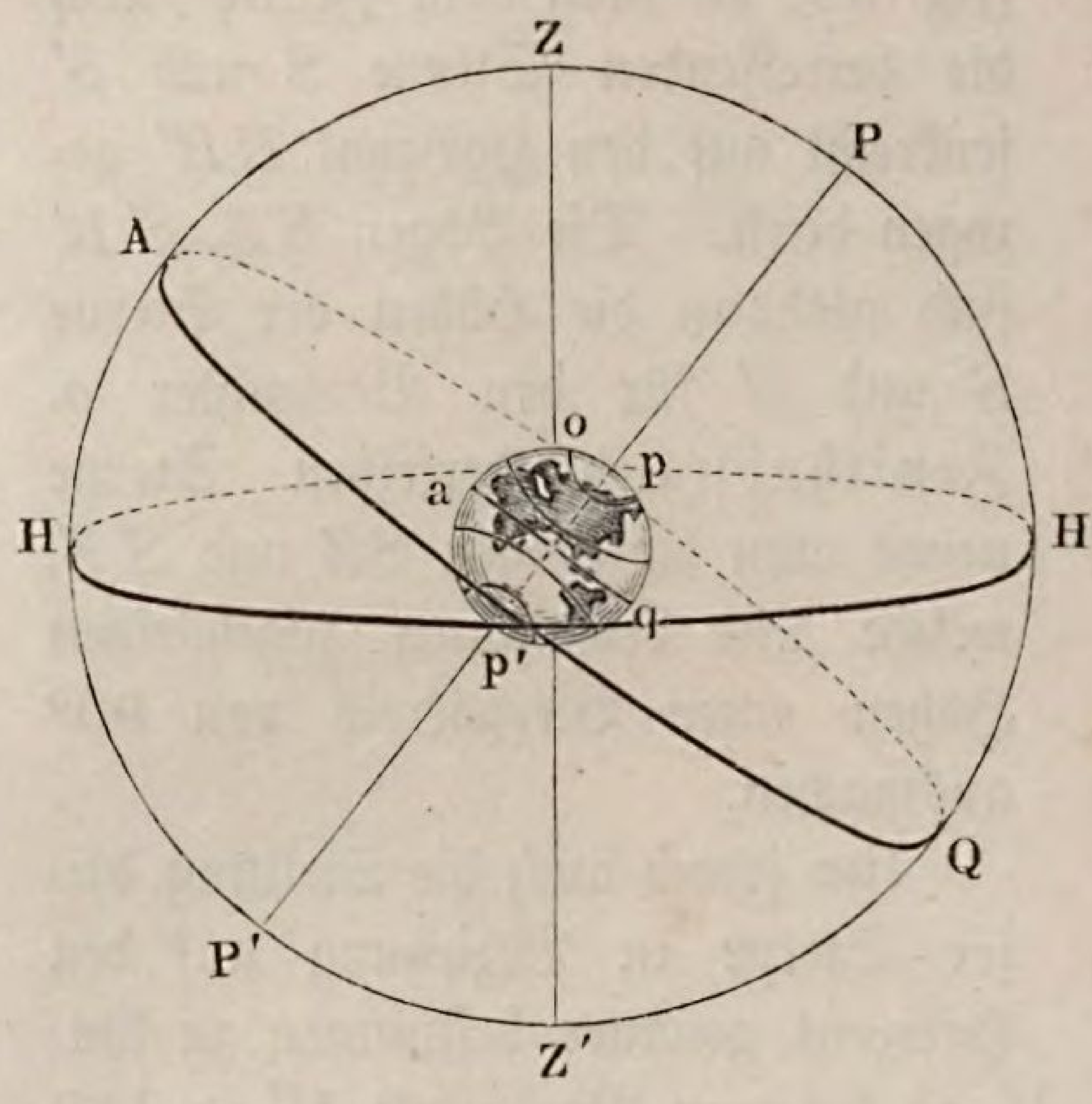
Ein und derselbe Stern muß natürlich zu gleicher Zeit von verschiedenen Punkten der Erde aus beobachtet in verschiedener Höhe erscheinen. Ist nun einem Reisenden, z. B. dem Seefahrer, die Höhe eines Sternes für einen gegebenen Ort und für eine bestimmte Zeit bekannt, so kann er aus der an irgend einem andern Orte beobachteten Höhe desselben Sternes die Lage des Ortes finden, und es gehört deshalb die Höhenbestimmung zu den wichtigsten Beobachtungen des Seefahrers, und schon früh werden die diesem Stande sich Widmenden zur Fertigkeit hierin praktisch eingeübt.

Meridian. Wenn wir uns am Himmel durch das Zenith Z, Fig. 34 (a. f. S.), 40
und Nadir Z' des Beobachters o, sodann durch die Pole des Himmels P und P' den Kreis $ZH'Z'HZ$ gelegt denken, so stellt dieser den Meridian oder Mittagskreis des Beobachters o vor. Diesen Namen verdankt jener Kreis dem Umstande, daß, wie bereits in §. 33 gezeigt wird, der Beobachter Mittag hat, sobald die Sonne in denselben tritt. Sie erreicht in diesem Augenblick ihren höchsten oder Culminationspunkt, und dasselbe findet Statt, wenn ein Stern in den Meridian tritt, was übrigens von mehreren Sternen gleichzeitig geschehen kann, da wir uns auf dem Bogen $HAZP$ viele Sterne stehend denken können.

In der Zeichnung Fig. 34 ist der Meridian der einzige von den Himmelskreisen, der in der Ebene des Papiers liegt, während der Horizont, der Aequator

und die Verticalkreise aus dieser Fläche heraustreten, was jedoch in der Zeichnung nur unvollkommen als Verkürzung sich darstellen läßt. Die Ebene des Meridians schneidet den Horizont des Beobachters rechtwinklig in der Linie HH', die bereits als **Mittagslinie**, §. 32, bezeichnet worden ist. So wie die Polhöhe und der Horizont für jeden Punkt der Erdoberfläche verschieden sind, so hat auch jeder Ort seinen besondern Meridian.

Fig. 34.



Kehrt ein Beobachter, z. B. o, bei nächtlichem Sternenhimmel dem Polarstern P den Rücken, und wendet er seinen Blick genau nach dem Südpunkte H, so hat er sich in der Richtung seines Meridians aufgestellt. Beobachtet er in dieser Stellung einen Stern, der im Meridian steht, so wird dieser Stern in Folge der Umdrehung der Erde nach einiger Zeit nicht mehr im Meridian stehen, sondern westlich von demselben abgerückt erscheinen, während andere Sterne in den Meridian getreten sind. Hat man sich jedoch die Zeit bemerkt, in welcher ein bestimmter Stern durch den Meridian geht, so wird man ihn nach 24 Stunden genau an derselben Stelle wieder erblicken.

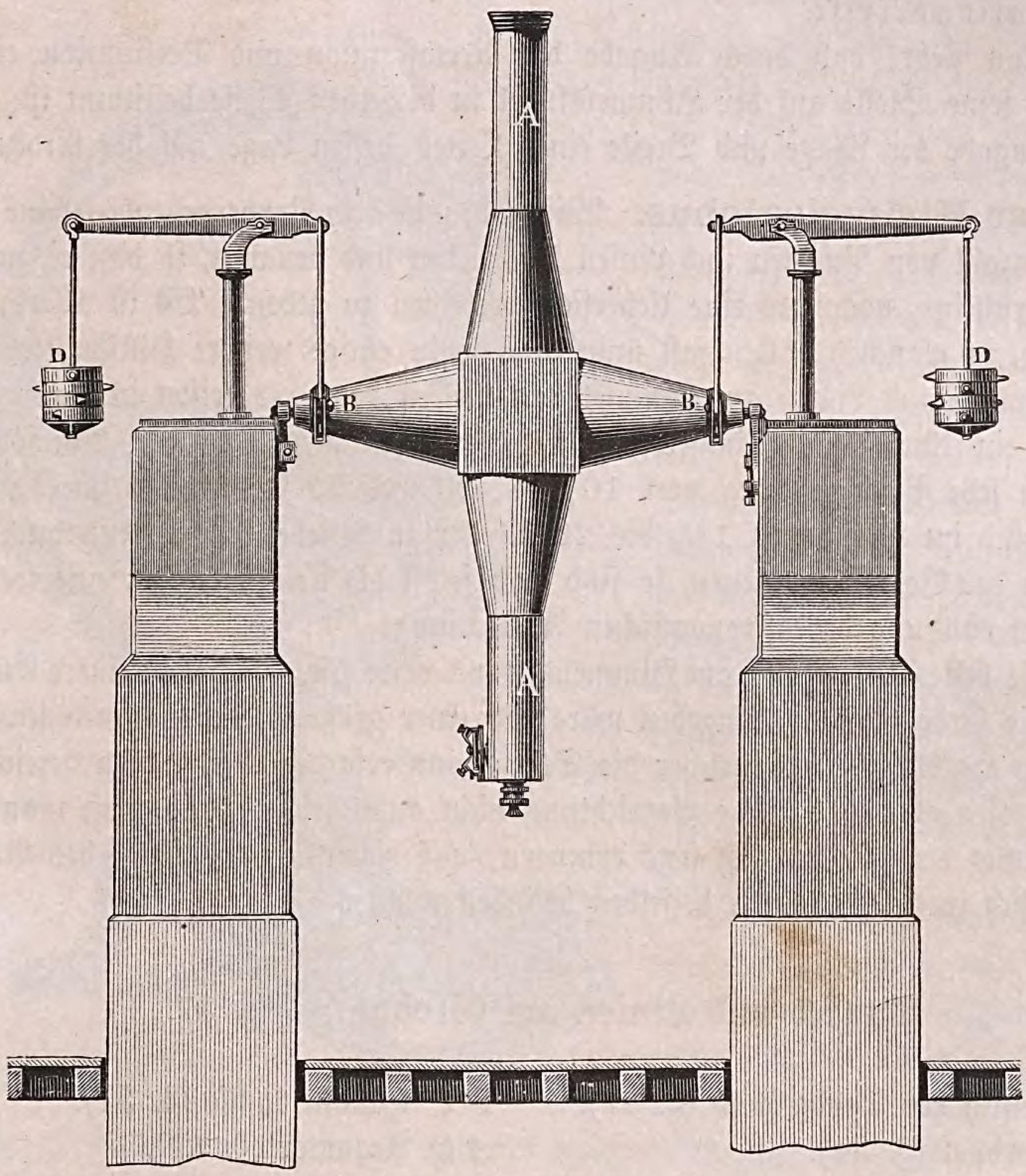
Am künstlichen Himmelsglobus ist der Meridian durch einen Messingring vorgestellt, in welchem die Himmelskugel drehbar ist.

Es ist schwierig, dem freien Auge eine so bestimmte Richtung zu geben, daß es am Himmel genau die Linie festzuhalten vermag, in welcher der Meridian liegt. Zu genauerer Beobachtung stellt man daher ein Fernrohr, Fig. 35, welches um seine kleine Achse BB drehbar ist, sorgfältig so auf, daß seine Längenachse AA genau in die Richtung des Meridians fällt. Durch dieses Rohr können Sterne nur dann wahrgenommen werden, wenn sie durch den Meridian (oder Mittagskreis) gehen (oder passiren), daher es **Mittagsfernrohr** oder **Passagen-Instrument** heißt. Da dieses Instrument zu den wichtigsten astronomischen Beobachtungen dient, so wird auf die Aufstellung desselben eine besondere Sorgfalt verwendet. Seine Umdrehungsachse ruht in Zapfenlagern, die von massiven steinernen Pfeilern getragen werden. Diese letzteren sind von einem besondern Fundament aufgemauert, ohne irgend mit dem Gebäude in Verbindung zu stehen, so daß zufällige Erschütterungen oder Schwankungen desselben keinen Einfluß auf das Instrument haben. Zur Erleichterung seiner Umdrehung sind die Gegengewichte DD angebracht, welche dem größten Theil vom Gewicht des Fernrohres das Gleichgewicht halten.

41 Alle seither genannten Linien und Punkte geben die Stellung eines Gestirns nur für einen bestimmten Ort der Erdoberfläche an. Zur Bestimmung

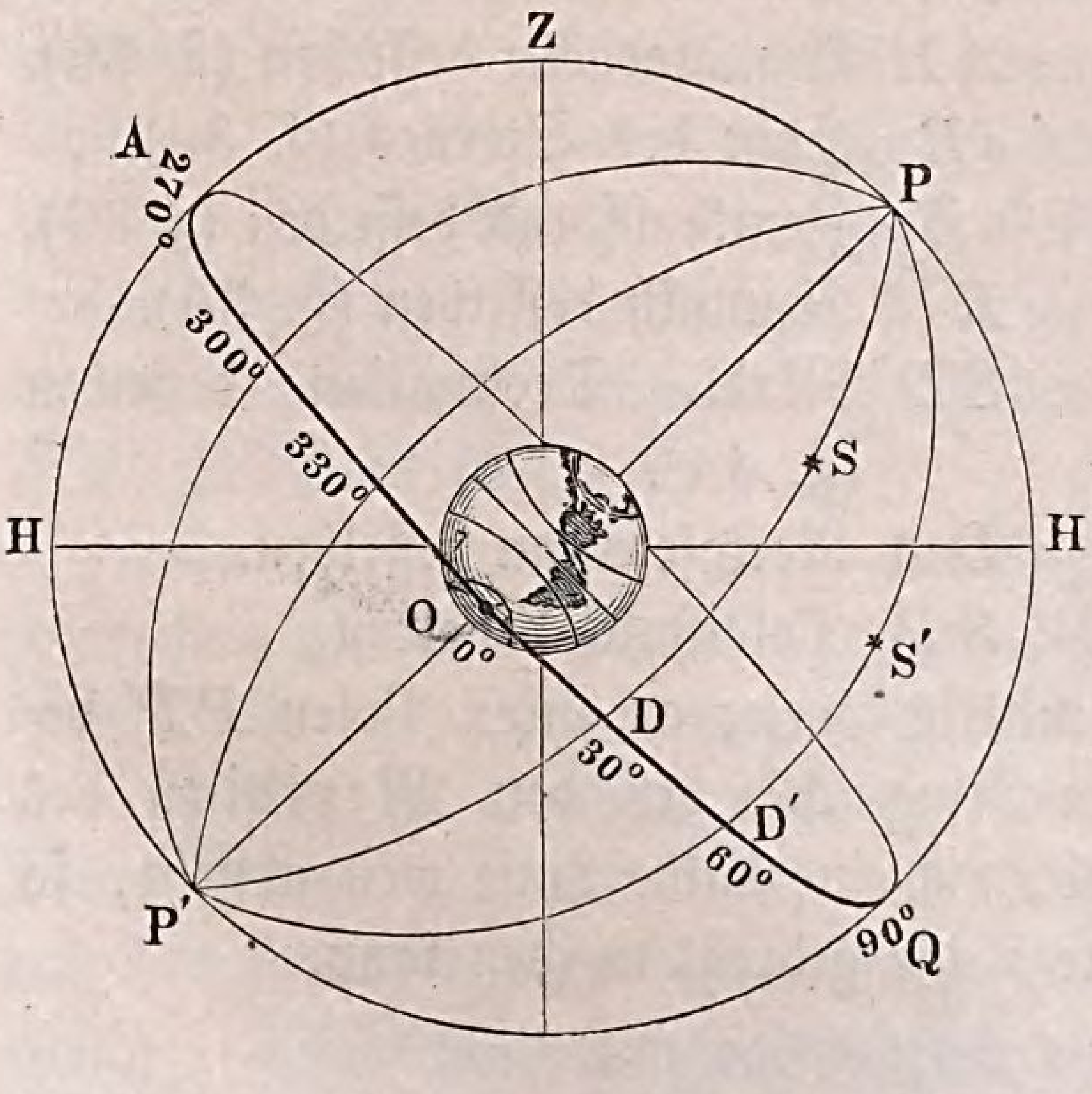
der Stellung eines Sternes an der Himmelskugel werden daher andere Linien zu Hülfe genommen, die zu demselben eine unveränderliche Lage haben.

Fig. 35.



Eine solche Linie ist der Aequator *A Q*, Fig. 36. Er giebt vor allen Dingen schon an, ob ein Stern auf der nördlichen oder südlichen Halbkugel steht. Durch den Aequator zieht man, vom Frühlingspunkte *O* anfangend, 180 Kreise, welche ihn in 360 Gradetheilen. Die Entfernung eines solchen Kreises vom Punkte *O* heißt die gerade Aufsteigung (Rectascension) des in dem Kreise stehenden Sternes. So z. B. bezeichnen die Bogen *OD* von 30° und *OD'* von 60° die Rectascension der Sterne *S* und *S'*.

Fig. 36.



Der Abstand eines Sternes vom Aequator heißt seine Abweichung

oder Declination und ist entweder nördlich oder südlich. Die Bogen DS und $D'S'$ drücken die nördliche Declination der Sterne SS' aus. Man nennt daher alle jene durch den Aequator gelegten Kreise, z. B. PDP' und $PD'P'$, Declinationskreise.

Man sieht, daß durch Angabe der Rectascension und Declination eines Sternes seine Stelle auf der Himmelskugel in derselben Weise bestimmt ist, wie durch Angabe der Länge und Breite eines Ortes dessen Lage auf der Erdkugel.

42 **Der Himmelsglobus.** Wir haben in dem Vorhergehenden keine geringe Anzahl von Punkten und Linien beschrieben und benannt, so daß es zweckmäßig erscheint, nochmals eine Uebersicht derselben zu geben. Es ist allerdings schwierig, in manchen Fällen fast unmöglich, ohne einige weitere Hülfsmittel sich solche Punkte und Linien am Himmel vorzustellen, und es leistet in dieser Beziehung ein künstlicher Himmelsglobus die wesentlichsten Dienste. Ein solcher ist durch jede Buchhandlung von 10, 15, 20 und 25 Centimeter im Durchmesser, und im Preise von $1^1/_3$ bis 20 Thaler zu beziehen, und wenn auch die größeren den Vorzug verdienen, so sind doch selbst die kleinsten schon eine werthvolle Unterstützung der astronomischen Anschauung.

Die beste Einrichtung am Himmelsglobus wäre die, daß eine kleinere Kugel, welche die Erde vorstellt, umgeben wäre von einer größern das Himmelsgewölbe bildenden Halbkugel, auf welcher die Sterne und erforderlichen Linien gezeichnet wären. Da aber eine solche Vorrichtung nicht ausführbar ist, so muß man bei Betrachtung des Globus sich stets erinnern, daß eigentlich das Auge des Beobachters sich im Mittelpunkte desselben befinden müßte.

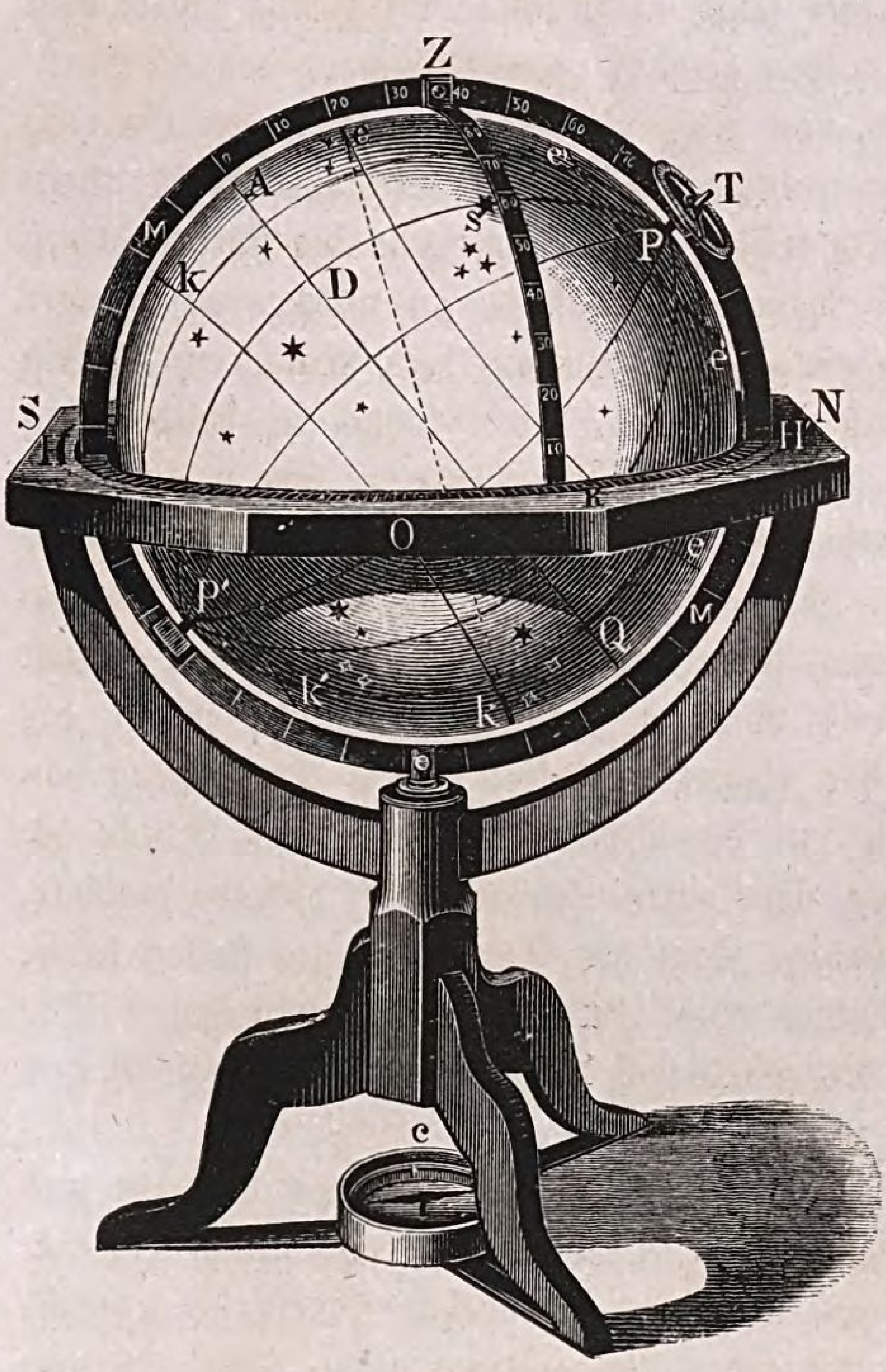
43 **Punkte und Linien am Globus.** Fig. 37.

Z Zenith des Beobachters (§. 27).
P Nordpol (§. 31).
P' Südpol.
S Süd (§. 32).
N Nord.
O Ost (West, gegenüberliegend).
ee Nördl. Wendekreis (§. 34).
kk Südl. Wendekreis.
$e'e'$ Nördl. Polarkreis.
$k'k'$ Südl. Polarkreis.
M Meridian des Beobachters (§. 40).
T Stundenring (S. 222).
PH' Polhöhe des Beobachters (§. 38).
PP' Himmelsachse (§. 31).
AQ Aequator (§. 31).
HH' Horizont (§. 29).
ek Ekliptik (§. 34).
s Stern.
AH Aequatorhöhe desselben (§. 38).
sR Höhe des Sternes (§. 39).
sZ Zenithabstand desselben (§. 39).
RH Azimuth desselben (§. 39).
SD Nördl. Declination desselben (§. 44).
DA Rectascension desselben.
SP Poldistanz desselben.

Die Himmelskugel ruht zunächst mittels zweier an ihren Polen PP' befindlichen Stiften in einem messingenen Ring M, der den Meridian des Beobachters vorstellt und von der Kugel etwa eine halbe Linie weit absteht, so daß diese innerhalb desselben frei um ihre Achse gedreht werden kann.

Der Meridian liegt in geeigneten Einschnitten eines Horizontalgestelles und dessen Fußes, welche gestatten, dem Globus, je nach Erforderniß, verschiedene Stellungen in Beziehung auf den Horizont zu geben. Der horizontale Ring HH' stellt den wahren Horizont des Beobachters vor. Der Meridian ist vom Punkte A des Aequators AQ, sowohl nach dem Nordpol als Südpol, in 90 Grade getheilt. Indem man einen bestimmten Stern unter den Meridian bringt, liest man an demselben die Declination jenes Sternes ab. Ebenso dient der Mittagskreis zur Aufstellung des Globus nach der Polhöhe des Beobachters.

Fig. 37.



Der Horizont ist, vom Südpunkte S anfangend, in 360 Grade eingetheilt, und es wird auf demselben das Azimuth der Sterne abgelesen.

An den Punkt Z des Meridians, welcher dem Zenith des Beobachters entspricht, läßt sich ein messingener Viertelkreis ZR anschrauben, der, vom Horizont aufsteigend, in 90 Grade getheilt ist und auf welchem die Höhe und die Zenithdistanz des Sternes abgelesen wird.

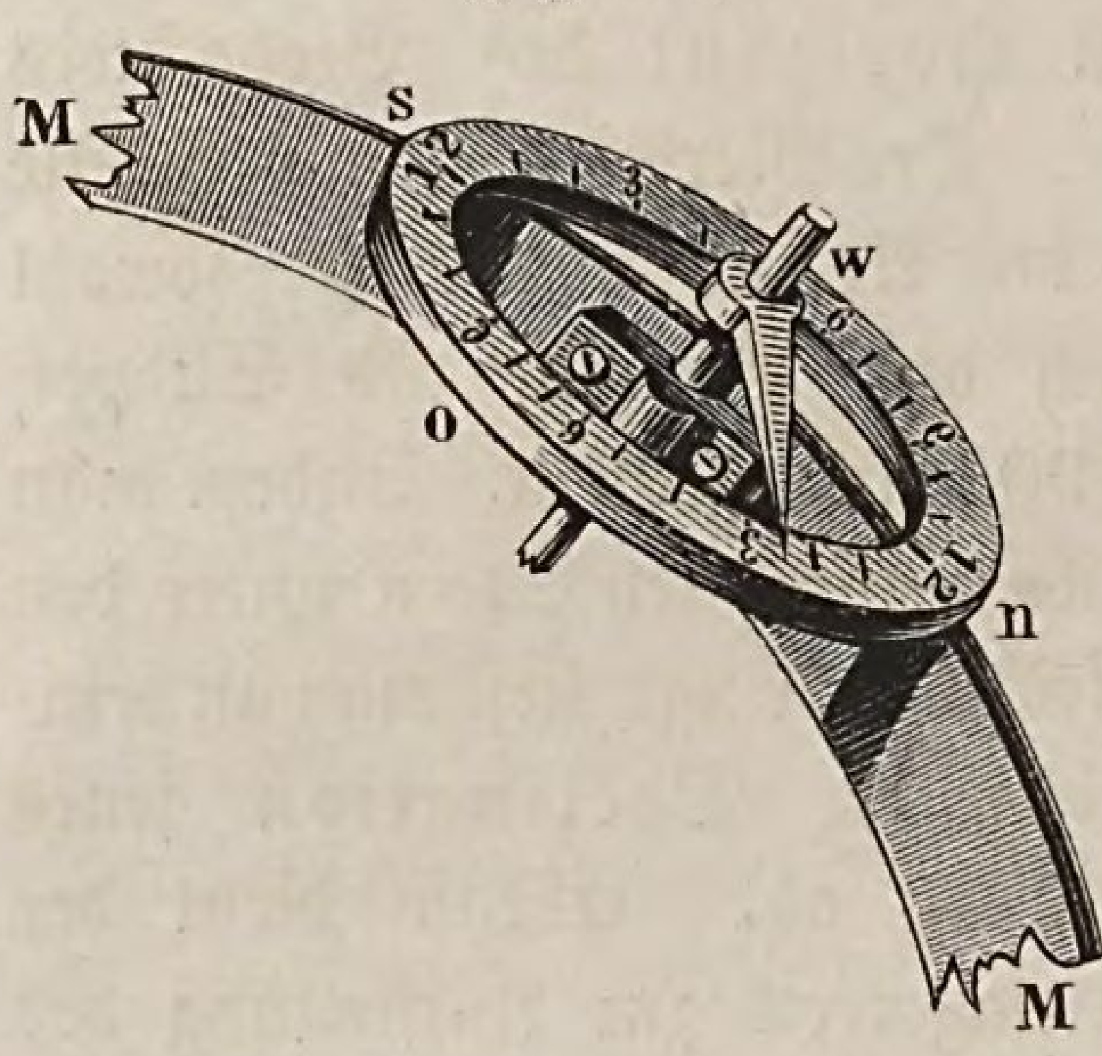
Vor allen Dingen muß der Globus eine dem Orte des Beobachters auf der Erde entsprechende Stellung erhalten, nämlich so, daß die Mittagslinie des Globus HH' in die Mittagslinie des Beobachters gestellt wird, und daß die Polhöhe PH' der des Beobachters entspricht. Das letztere ist ganz einfach, indem z. B. ein Aequatorbewohner, dessen Polhöhe Null ist (§. 37), den Globus so legt, daß beide Pole PP' in der Ebene des Aequators liegen, während in der Gegend von Frankfurt a. M. der Globus so gestellt wird, daß der Bogen PH' gleich 50 Grad ist.

Das Aufsuchen der Mittagslinie geschieht mit Hülfe des Compasses c, der zu diesem Zwecke an jedem größern Globus angebracht ist. Man dreht das Gestell mit dem Globus so lange, bis die Ebene des Mittagskreises M oder die von H nach H' gedachte Mittagslinie parallel mit der nach Nord gerichteten Magnetnadel ist. Aus §. 217 der Physik wissen wir aber, daß die Richtung der Magnetnadel nicht genau nach Nord hinweist, sondern von derselben abweicht. Dreht man nun das Gestell abermals um einen Winkel von 18 Grad

östlich, was der westlichen Abweichung der Magnetnadel für Deutschland entspricht, so hat die Mittagslinie *HH'* jetzt genau die Richtung nach Nord.

44 Eine weitere Vorrichtung an dem Globus ist der Stundenring *T*, Fig. 37, welcher, wie Fig. 38 deutlicher zeigt, in zweimal 12 gleiche Theile oder Stunden getheilt ist, entsprechend den 24 Stunden von Tag und Nacht. Der Stundenring sitzt unbeweglich auf dem Meridian *MM*, allein durch seinen Mittelpunkt geht eine Verlängerung der Achse des Globus, an welcher ein Zeiger angebracht ist, der auf dem Ringe einen Weg beschreibt, wenn der Globus in Umdrehung versetzt wird. Wenn letzterer eine vollständige Umdrehung macht, wenn also die 360 Grade des Aequators unter dem Meridian hinweggehen, so beschreibt auch der Zeiger den ganzen Kreis von 24 Stunden; folglich macht der Globus für jede Stunde, welche der Zeiger zurücklegt, eine Umdrehung von 15 Graden. Der Zeiger ist jedoch mit der Achse nicht aus einem Stücke gearbeitet, sondern vermittels Reibung oder einer Schraube um dieselbe drehbar, so daß man den Zeiger auf jede beliebige Zahl des Stundenringes stellen kann, ohne hierdurch gleichzeitig dem Globus eine Umdrehung zu ertheilen. Die Wichtigkeit des Stundenringes für den Gebrauch des Globus wird sogleich aus seiner Anwendung erhellen.

Fig. 38.



Nachdem der Globus die richtige Stellung in Beziehung auf Polhöhe und Weltgegend erhalten hat, muß derselbe noch in eine der Beobachtungszeit entsprechende Lage rücksichtlich der alsdann am Himmel sichtbaren Gestirne gebracht werden. Man geht hierbei von der folgenden Betrachtung aus: Jeden Mittag um 12 Uhr steht die Sonne im Meridian des Beobachters (s. §. 40); man bringt daher zuerst denjenigen Punkt des Globus unter den messingenen Meridian, an welchem die Sonne um 12 Uhr Mittags steht. Dieser Punkt liegt natürlich auf der Ekliptik und zwar bei Frühlingsanfang, am 21. März, da, wo diese den Aequator schneidet und von wo an der letztere in 360 Grade getheilt ist. Für jeden folgenden Tag rückt die Sonne fast genau einen Grad weiter, so daß z. B. nach 204 Tagen, also Mitte October, die gerade Aufsteigung der Sonne (s. §. 41), d. i. ihr Abstand vom Frühlingspunkt, 204 Grad beträgt. Bringe ich daher diesen Grad des Aequators unter den Meridian, so ist die Stelle, an welcher dieser die Ekliptik schneidet, der Ort der Sonne am Mittag. Der Zeiger des Stundenringes wird nun auf die Zahl 12 gestellt und der Globus gedreht, bis der Zeiger auf die andere Zahl 12 hinweist (wobei er eine halbe Umdrehung macht), und es haben nun alle Sternbilder am Globus die Stellung, welche die Gestirne um Mitternacht am Ort des Beobachters einnehmen. Man findet auf diese Weise, daß zu dieser Stunde das Sternbild der Cassiopea im Meridian steht. Je nachdem nun der Globus rechts oder links gedreht wird, kann man den Zeiger auf jede gewünschte Stunde vor oder nach

Mitternacht bringen, in welchem Falle die alsdann sichtbaren Gestirne am Globus sich darstellen.

Es läßt sich überhaupt eine große Reihe von Aufgaben am Globus lösen, die man durch Nachdenken oder in den kleinen Anweisungen beschrieben findet, die stets zugleich mit dem Globus verkauft werden.

Im Anfange hat man einige Schwierigkeit, das Bild des Himmels auf den Globus überzutragen und umgekehrt zu verfahren. Man muß sich nämlich in den Mittelpunkt den Globus versetzt und von da aus gerade Linien durch die auf dem Globus verzeichneten Sterne gezogen und bis an den Himmel verlängert denken, wo sie auf die gleichnamigen wirklichen Sterne treffen würden.

Man beginne seine Beobachtungen in der Abenddämmerung oder in mondhellen Nächten, weil alsdann nur die größeren und auffallenderen Sterne sichtbar sind, so daß man nicht durch das allzugroße Sternengewimmel verwirrt wird. Kennt man erst jene, so lernt man auch bald die kleineren finden.

C. Eintheilung der Himmelskörper.

Vom Standpunkte unserer Erde aus erscheinen sowohl das glänzende 45
Tagesgestirn, die Sonne, als auch der durch die Wandelbarkeit seiner Gestalt ausgezeichnete Mond einzig in ihrer Art und verdienen deshalb eine gesonderte Betrachtung.

Den übrigen Sternen gegenüber treten jene beiden Gestirne durch ihre scheinbare Größe gleich vereinzelten mächtigen Herrschern auf, eine Vorstellung, die, wie alt und bildlich häufig gebraucht sie auch sein mag, doch durch die beobachtende Astronomie wesentlich beeinträchtigt wird.

Allein auch in dem gemeinen Sternenheere finden wir bei genauer Forschung noch manche Unterschiede. Wir sehen, daß bei weitem die meisten Sterne unserm Auge immer an der gleichen Stelle des Himmels erscheinen, so oft wir zu derselben Zeit den Blick dahin richten, weshalb der ihnen beigelegte Namen der Festesterne oder Fixsterne vollkommen gerechtfertigt erscheint.

Einige Sterne ändern jedoch ihre Stelle am Himmel so auffallend, indem sie mit einer bestimmten Regelmäßigkeit bald an dieser, bald an jener Gegend sichtbar sind, daß man sie Wandelsterne oder Planeten genannt hat.

Besonders auffallend sind endlich die Kometen, theils weil sie meist durch einen mehr oder weniger langen und glänzenden Lichtstreif ausgezeichnet sind, der wie ein Schweif dem Sterne folgt, theils durch ihre Ortsveränderungen am Himmel, die noch viel bedeutender sind, als die der Planeten, indem Kometen oft plötzlich auftreten und wieder verschwinden und andere erst nach langen Reihen von Jahren wieder sich zeigen.

Wir werden mit der Beschreibung der Fixsterne beginnen, da diese für die Geographie des Himmels höchst wichtig sind. Dann werden wir das Verhältniß der Erde zu Sonne und Mond erläutern, als besonders bedeutungsvoll für unsere klimatischen und Zeitverhältnisse, und endlich durch die Beobachtung der Planeten und Kometen zu den allgemeineren Vorstellungen über die Weltordnung übergehen.

46 **Die Fixsterne.** Die mit Hülfe des Globus und der Sternkarten fortgesetzte Beobachtung lehrt uns bald in den Räumen des Himmels sich zurecht zu finden, und zeigt uns das sonst verwirrende Sterngewimmel in einer ganz bestimmten Weise gruppirt, die wir mit der Zeit so gewohnt werden, daß eine Veränderung derselben uns nicht entgehen könnte.

Sobald die Sonne unter dem Horizont verschwindet, treten aus der Dämmerung des Himmelsraumes als einzelne leuchtende Punkte die Sterne hervor, deren Anzahl mit zunehmender Dunkelheit fortwährend sich vergrößert und bei bewaffnetem Auge ins Unschätzbare und Unbegreifliche sich vermehrt. Stellen, die dem bloßen Auge als helle, nebelartige Flecke vorkommen, erscheinen durchs Fernrohr als Haufen von unzählbaren Sternen, so daß jener helldämmernde Streif, der unter dem Namen der Milchstraße bekannt ist, aus Millionen von Sternen gebildet sich darstellt.

Die scheinbare Größe dieser Sterne ist sehr verschieden. Während einige prachtvoll vor allen übrigen hervorblitzen und funkeln, werden andere kaum als leuchtende Pünktchen bemerkbar. Man unterscheidet hiernach sechs Klassen von Sternen für das bloße Auge. Dieses zählt nämlich 18 Sterne erster Größe, 60 zweiter Größe, 200 dritter Größe, 380 vierter Größe und mit den zwei folgenden Klassen im Ganzen ungefähr 5000 Sterne. Mit Hülfe des Fernrohrs hat man etwa 70 000 Sterne gezählt, allein aus Gründen, die hier nicht weiter auszuführen sind, hat man die wahrscheinliche Anzahl der Sterne des Weltraumes auf 273 Millionen, ja auf 500 000 Millionen geschätzt!

Die Fixsterne erscheinen selbst durch die stärksten Fernröhre unverändert als kleine leuchtende Punkte. Schon dieser Umstand läßt auf eine außerordentliche Entfernung derselben schließen. Nicht minder bestätigt wird diese durch den Umstand, daß zwei einander nahe stehende Fixsterne uns stets in derselben gegenseitigen Entfernung erscheinen, von welchem Standpunkte der Erdbahn aus wir dieselben auch erblicken mögen. Obgleich die entferntesten Punkte der Erdbahn 42 Millionen Meilen weit von einander liegen, so war es bis jetzt nur bei einigen wenigen Fixsternen möglich, mit Sicherheit die jährliche Parallaxe zu bestimmen, d. i. den Sehwinkel, in welchem einem in dem Fixsterne befindlichen Auge der 21 Millionen Meilen große Halbmesser der Erdbahn erscheinen würde. Die größte Sicherheit bietet diejenige Parallaxenbestimmung dar, welche dem berühmten Astronomen Bessel zu Königsberg bei dem Sterne Nr. 61 im Sternbilde des Schwans gelungen ist. Er hat die Parallaxe dieses Sterns gleich 0,3136 Secunden gefunden. Diese Parallaxe giebt die mittlere Entfernung des Fixsternes 61 des Schwans von der Sonne gleich nahe 13 592 000 Millionen Meilen. Die Zeit, welche das Licht mit seiner Geschwindigkeit von 42 000 Meilen in der Secunde braucht, um diese Entfernung zu durchlaufen, ist $10^3/_{10}$ Jahre. Wenn ein Dampfwagen täglich 200 Meilen zurücklegt, so würde er beinahe 200 Millionen Jahre brauchen, um bis zu jenem Sterne zu gelangen.

Eine Parallaxe, die größer als eine Secunde ist, hat man bis jetzt mit Sicherheit noch nicht ermittelt. Es ist daher mit Grund angenommen, daß

selbst die uns nächsten Fixsterne nicht weniger als 4 Billionen Meilen oder 200 000mal weiter von der Erde entfernt sind, als die Sonne, bis zu welcher man 20 Millionen Meilen zählt.

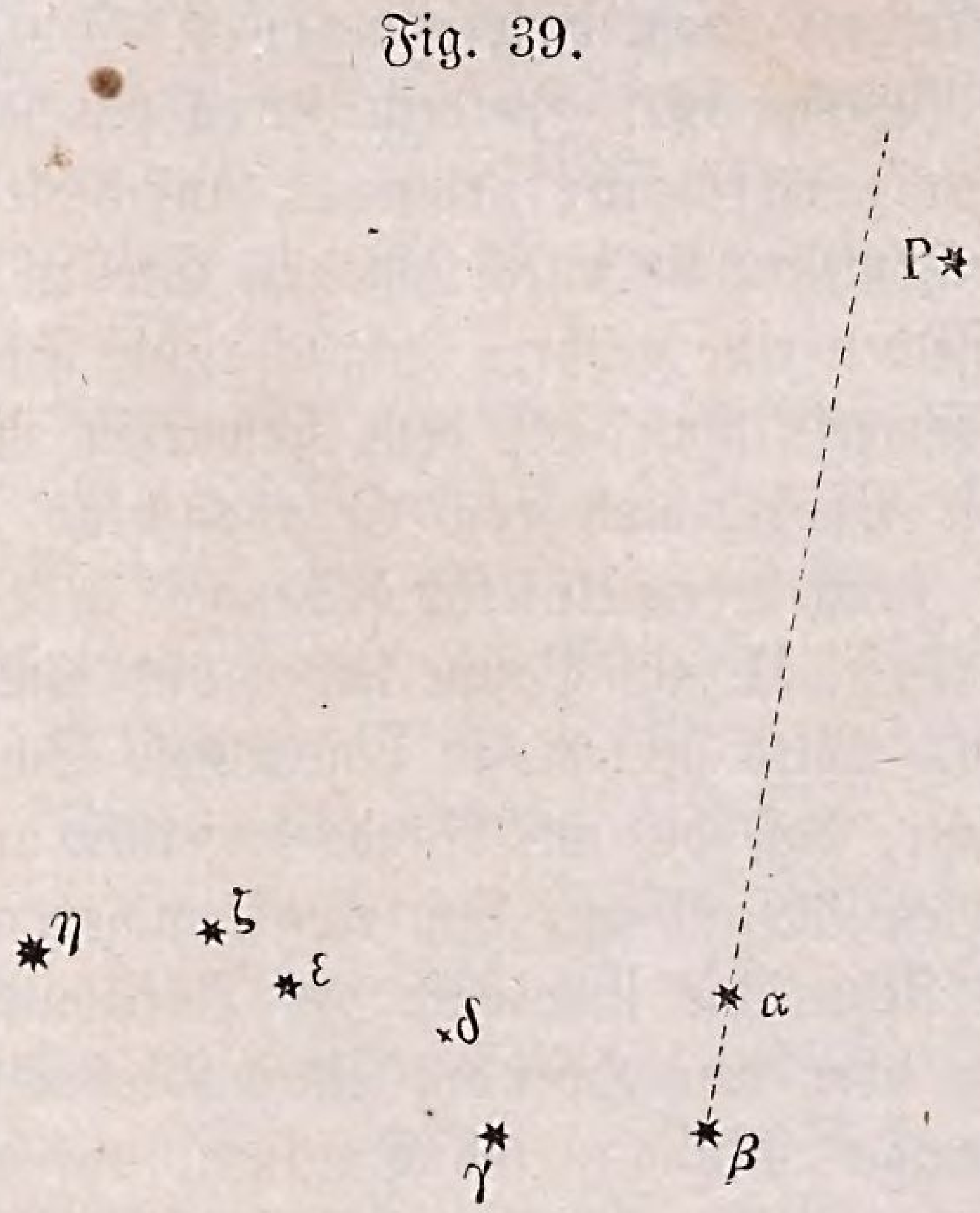
Eine solche Entfernung nennt man eine Sternweite, und um unserer Einbildungskraft, die vergeblich ringt, einen solchen Raum sich vorzustellen, nur einigermaßen zu Hülfe zu kommen, werde bemerkt, daß das Licht mit seiner Geschwindigkeit von 42 000 Meilen in einer Secunde dennoch wenigstens drei Jahre braucht, um vom nächsten Fixstern auf die Erde zu gelangen.

Allein hiermit ist noch keineswegs eine Gränze gegeben, vielmehr ist als Gewißheit anzunehmen, daß Fixsterne in noch viel größeren Abständen wahrgenommen werden, die bis $1^1/_2$ Millionen Sonnenweite betragen, deren Licht einen Zeitraum von tausend und mehreren tausend Jahren gebrauchte, um unsere Erde zu erreichen.

Natürlich müssen Körper, die in so unerfaßlichen Entfernungen noch für uns sichtbar sind, eine beträchtliche Größe haben, und wir sind zu der Annahme berechtigt, daß kein Fixstern an Größe der Sonne nachsteht, ja daß viele derselben sie hierin übertreffen.

Der in Europa sichtbare Sternhimmel. Schon in den 47
frühesten Zeiten wurden einzelne Gruppen von Sternen zusammengefaßt, und eine lebhafte Phantasie verlieh den Umrissen der also entstandenen Sternbilder die Gestalt und den Namen von allerlei bekannten Gegenständen. So wird das leicht sich bemerklich machende Gestirn Fig. 39 bald mit einem Bären, bald mit einem Wagen verglichen. Bei den meisten Sternbildern ist indessen der Einbildungskraft ein sehr freies Feld gelassen, indem es nur selten gelingen wird, aus dem Umriß einer Gruppe eine Beziehung zu ihren Namen heraus zu finden, so daß man hierauf in der That gar keinen Werth zu legen hat.

Fig. 39.



Nicht allerwärts und jederzeit stel- 48
len dem nach dem Himmel gerichteten Auge dieselben Gestirne sich dar, vielmehr finden wesentliche Unterschiede hierin Statt, je nach dem Punkt der Erdoberfläche, von welchem aus die Beobachtung geschieht, so wie nach Jahreszeit und Stunde, in der sie vorgenommen wird. Ein Beobachter am Nordpol hat in seinem Zenith den Polarstern, der fast im Mittelpunkt unserer Sternkarte Tafel I. steht und übersieht von da aus die ganze nördliche Halbkugel, also alle Gestirne, die auf der Karte innerhalb des als Aequator bezeichneten Kreises stehen. Letzterer

liegt in seinem Horizont und es werden ihm die Sterne der südlichen Halbkugel niemals sichtbar. Ein Bewohner am Aequator überblickt die halbe nördliche und die halbe südliche Halbkugel des Himmels und es erscheint ihm der Polarstern im Horizont.

Die Mehrzahl der Europäer wohnt zwischen dem 40. und 70. Grade nördlicher Breite, und ihnen werden alle Gestirne der nördlichen Halbkugel und ein Theil der auf der südlichen befindlichen sichtbar, je nachdem sie mehr oder weniger vom Aequator entfernt sind.

Unter allen Umständen übersieht man gleichzeitig stets nur eine Hälfte des gestirnten Himmels, also einen Theil desselben von der Größe, welche auf Taf. I. durch den Aequator begränzt erscheint. Wenn nun dieselbe Tafel einen bei weitem größern Theil des Himmelsraumes darstellt, als auf einmal sichtbar ist, so hat dieses seinen Grund darin, daß wir denselben nach und nach allerdings zu Gesichte bekommen. Man wird ebenso leicht wahrnehmen als einsehen, daß in Folge der Umdrehung der Erde fortwährend Sterne im Westen untergehen und neue im Osten sich erheben. Auch kann man sich mit Anwendung der in §. 57 bis 59 beschriebenen Hülfsmittel und der Fig. 46 deutlich machen, daß wegen der verschiedenen Stellungen der Erde zur Sonne während ihres Umlaufes der Anblick des Himmels unmöglich in gleichen Stunden verschiedener Jahreszeiten derselbe sein kann.

Unsere Aufgabe ist es nun, nachzuweisen, wie aus dem ganzen überhaupt uns sichtbar werdenden Gebiete des Himmels, welches die Sternkarte darstellt, derjenige Theil bezeichnet werden kann, der an einem bestimmten Abend und zu bestimmten Stunden dem Auge sichtbar ist. Zu dem Zweck wurde die Tafel II. beigefügt, welche wir die Horizontscheibe nennen. Auf derselben gewahrt man einen weißen, ringförmigen, mehrmals durch schwarze Stellen unterbrochenen Streifen, und innerhalb desselben eine größere länglich runde Fläche, den Horizontausschnitt. Ferner bemerkt man auf dem schwarzen Ring bei dem Worte „Mitternacht“ einen Pfeil, und von da ausgehend eine Eintheilung nach zweimal 12 Stunden, nebst deren Unterabtheilungen in Viertelstunden. Zum Gebrauch läßt man Tafel II. auf Pappe kleben und sämmtliche weißgelassenen Flächen ausschneiden. Wird nun die so zugerichtete Scheibe in der Weise auf die Sternkarte gelegt, daß die am Rande derselben angegebenen Monatsnamen und Datumzahlen überall aus dem ringförmigen ausgeschnittenen Streifen hervortreten, so stehen die innerhalb des Horizontausschnittes befindlichen Sterne gleichzeitig über dem Horizont eines Beobachters und zwar um die Mitternachtszeit desjenigen Monats und Datums, auf welchen der oben genannte Pfeil hinweist. Will man für irgend eine andere Stunde wissen, welche Gestirne gerade sichtbar sind, so dreht man die Horizontscheibe auf der festliegenden Sternkarte so weit nach rechts oder links, bis die betreffenden Theilstriche von Datum und Stunde auf beiden Tafeln zusammentreffen. Die am östlichen Rande des Horizontausschnittes befindlichen Gestirne gehen dann gerade auf, die am westlichen gehen unter, und es culminiren die-

jenigen, welche auf der geraden Linie stehen, die man sich von „Norden“ nach „Süden“ gezogen denkt.

Auch die Momente des Auf- und Untergangs der Sonne lassen sich durch diese Einrichtung bestimmen. Man muß dazu vor Allem wissen, in welchem Punkte der Ekliptik sie an dem betreffenden Tage steht. Diesen Punkt findet man, wenn man diesen Tag am Rande der Sternkarte aufsucht, von da aus eine gerade Linie durch die Mitte der Karte (in der Nähe des Polarsterns) zieht und soweit verlängert, bis sie den in dieser Richtung liegenden Theil der Ekliptik berührt. So findet man z. B., daß die Sonne am 11. October im Sternbild der Jungfrau ganz in der Nähe des hellen Sternes Spica steht. Legt man nun die Horizontscheibe auf die Karte und führt diesen Punkt der Ekliptik an den östlichen und nachher an den westlichen Horizont, so findet man, daß am 11. October die Sonne um 6 Uhr 40 Minuten aufgeht und des Nachmittags um 5 Uhr 20 Minuten untergeht. Es ist übrigens zu beachten, daß diese Angaben sich auf wahre Sonnenzeit beziehen; um mittlere Zeit zu erhalten, bringen wir die Zeitgleichung an, welche nach der Tafel des §. 63 am 11. October sich gleich — 13 Minuten findet. Daher nach mittlerer Zeit: Sonnenaufgang um 6 Uhr 27 Minuten, Untergang 5 Uhr 7 Minuten. Man sieht hieraus, daß die so eingerichtete Sternkarte den Himmelsglobus theilweise zu ersetzen im Stande ist.

Streng genommen gilt übrigens der Horizontausschnitt nur für solche Orte, die unter dem 50. Grad der Breite, oder wenigstens nicht weit davon entfernt liegen, also für die Städte: Mainz, Darmstadt, Fankfurt a. M., Würzburg, Bamberg, Prag, Krakau u. a. m. Für weiter nördlich oder südlich gelegene Orte müßte ein anderer Ausschnitt construirt werden. Doch kann man ihn immerhin in ganz Mitteleuropa benutzen, um zu beurtheilen, welche Gestirne zu irgend einer Zeit über dem Horizont stehen.

49

Gehen wir nun zu der Betrachtung der Sternbilder selbst über, so beginnen wir am besten mit denjenigen, welche, in der Nähe des Polarsterns befindlich, für uns jeden Abend, ja die ganze Nacht hindurch sichtbar sind, da sie niemals untergehen. Es ist dieses mit allen Sternen der Fall, deren Abstand vom Polarstern 40 bis 50 Grad beträgt.

Zweckmäßig erscheint es hierbei, vom großen Bär, Fig. 39, auszugehen, weil er ein so auffallendes Gestirn ist, daß ihn wohl Jedermann kennt, auch wenn er mit Astronomie sich nicht weiter befaßt hat. Dasselbe besteht aus sieben Sternen, worunter sechs von zweiter Größe; vier derselben bilden ein Viereck, die drei übrigen stehen in einem Bogen im Schwanz des Bären. Denkt man sich durch die beiden letzten Sterne des Bären eine gerade Linie gelegt und diese verlängert, so weißt sie nach einem einzeln stehenden Stern zweiter Größe, nämlich nach dem zum kleinen Bär gehörigen Polarstern. Es wurde der Wichtigkeit dieses Sternes bereits mehrfach gedacht, indem er, nur $1^2/_3$ Grad vom Pole abstehend, als der Punkt anzusehen ist, um den das ganze Himmelsgewölbe sich dreht.

Eines der ausgedehntesten Sternbilder windet sich der Drache um den Bären, mit vielen Sternen dritter und vierter Größe fast den halben Polarkreis bezeichnend.

Dem großen Bär gegenüber, auf der andern Seite des Pols, erblickt man in fünf Sternen zweiter und dritter Größe, die ein W bilden, das Sternbild der Cassiopea, zur Hälfte in der Milchstraße. Verbindet man dieses Gestirn durch eine Linie mit dem großen Bär und legt eine zweite Linie rechtwinklig mitten durch die erste, so weist diese rechts auf Capella, einen Stern erster Größe im Fuhrmann, und links auf Wega der Leyer, ebenfalls von erster Größe.

Als weitere bemerkenswerthe Gruppen, die noch innerhalb des Wendekreises des Krebses stehen, bemerken wir den Bootes und darin Arcturus als Stern erster Größe glänzend, auf welchen eine gerade, durch die zwei untersten Sterne des großen Bären gelegte Linie hinführt. Der Cassiopea benachbart ist Perseus mit einem Stern zweiter Größe, an einer sehr lebhaften Stelle der Milchstraße stehend. Von hier aus findet man leicht die drei hellen Sterne der Andromeda, sowie den Pegasus, kenntlich durch vier Sterne zweiter Größe, welche ein Viereck bilden.

50 **Sternbilder der Ekliptik.** Wir kommen nun zu einer Region des Himmels, welche durch die beiden Wendekreise begränzt wird und für uns ein besonderes Interesse hat, weil innerhalb ihrer Gränzen die Sternbilder der Ekliptik sich befinden.

Von allen Himmelskreisen, die wir S. 256 angeführt haben, ist die Ekliptik der einzige, welchen wir durch eine Reihe von zwölf Sternbildern wirklich an den Himmel gezeichnet sehen. Die wichtigen Beziehungen, welche diese Sternbilder für uns haben, können erst später erläutert werden, und vorerst ist es nur unsere Aufgabe, dieselbe mit Hülfe der Sternkarte aufsuchen zu lernen.

Wie Tafel I. zeigt, schneidet der Aequator die Ekliptik in zwei Punkten, und es liegt daher deren eine Hälfte auf der nördlichen, die andere auf der südlichen Halbkugel des Himmels. Wir unterscheiden hiernach nördliche und südliche Sternbilder der Ekliptik, und geben nachfolgend ihre von Alters her gebräuchlichen Namen und Zeichen:

I. Nördliche			II. Südliche		
1.	Widder	♈	7.	Waage	♎
2.	Stier	♉	8.	Skorpion	♏
3.	Zwillinge	♊	9.	Schütze	♐
4.	Krebs	♋	10.	Steinbock	♑
5.	Löwe	♌	11.	Wassermann	♒
6.	Jungfrau	♍	12.	Fische	♓

Der Anblick der Sternkarte belehrt uns jedoch, daß diese Sternbilder keineswegs gleiche Räume am Himmel einnehmen, und somit einen in zwölf gleiche

Abschnitte getheilten Kreis bilden, denn es hat z. B. das Sternbild der Waage eine Länge von nur 20 Graden, während das der Fische über 43 Grad sich erstreckt. Dagegen findet man die Zeichen der Ekliptik genau in Abständen von je 30 Graden angemerkt.

Auffallen muß es ferner, daß man in der Nähe dieser Zeichen nicht das entsprechende Sternbild findet, sondern das jedesmal vorhergehende, wie z. B. am Zeichen ♎ der Waage das Sternbild der Jungfrau u. s. w., wovon der Grund Seite 278 angegeben ist.

Wir beginnen mit den nördlichen Sternbildern der Ekliptik vom Frühlingspunkt an, wo sie den Aequator schneidet, und finden hier das unscheinbare Sternbild der Fische, sodann den Widder, dessen drei hauptsächlich kenntliche Sterne am Kopfe stehen, worunter der hellste von zweiter Größe ist. Hierauf folgt der Stier unter dem Perseus und dem Fuhrmann und leicht kenntlich an dem V, das eine Gruppe von vier Sternen an seinem Kopfe bilden, welche die Hyaden oder das Regengestirn heißen. Der Stern erster Größe an dem obern Ende des V ist der Aldebaran. Auf dem Rücken des Stiers sieht man die Plejaden, eine Gruppe von kleinen, nahe bei einander stehenden Sternen, welche auch Siebengestirn oder Gluckhenne genannt wird.

Bei den Zwillingen erreicht die Ekliptik ihre größte nördliche Höhe. Wir finden zwei helle Sterne, Kastor und Pollux, von zweiter Größe, an den Häuptern des Sternbildes, und vier Sterne von dritter Größe an den Füßen, welche zusammen ein längliches Rechteck bilden.

Diese Region des Himmels erhält einen ganz vorzüglichen Glanz durch die Zusammenstellung mehrerer Sternbilder, von welchen uns vor allen Orion überrascht, südlich unterhalb des Stiers und der Zwillinge. Besonders fallen zwei Sterne erster Größe desselben in die Augen, nämlich Beteigeuze an der östlichen Schulter und Rigel am westlichen Fuße. Zwischen beiden bilden drei neben einander stehende Sterne zweiter Größe den Gürtel des Orion, auch Jakobstab genannt. In der Nähe dieses Gürtels steht der merkwürdige Nebelfleck des Orion. Beteigeuze bildet mit zwei anderen Sternen erster Größe ein regelmäßiges Dreieck, nämlich mit Procyon aus dem kleinen Hund und mit Sirius, dem glanzreichsten aller Sterne, am Kopfe des großen Hundes stehend, daher auch Hundsstern genannt. Dieses Sternbild sieht man während der deshalb so genannten Hundstage (vom Juli bis August) mit der Sonne auf- und untergehen, die zu dieser Zeit für uns ihre größte Höhe erreicht und die größte Hitze verbreitet.

Die Ekliptik neigt sich nun vom unscheinbaren Sternbild des Krebses, das nur schwach schimmernde Sterne enthält, zum Löwen, kenntlich durch vier Hauptsterne, die ein großes Trapez bilden, worunter Regulus als Stern erster Größe sich auszeichnet. Hierauf folgt die Jungfrau, bemerklich durch fünf Sterne, die einen rechten Winkelhaken bilden, und durch den glänzenden Stern erster Größe, die Spica oder Aehre der Jungfrau genannt.

Hier schneidet die Ekliptik abermals den Aequator und wir steigen jetzt zu

den südlichen Sternbildern herab, indem wir zuerst die Waage antreffen, worin namentlich zwei Sterne zweiter Größe auffallen.

Im Skorpion glänzt Antares als Stern erster Größe, worauf der Schütze folgt, der immer nur niedrig am südlichen Horizont sichtbar und an vier in einem Viereck stehenden Sternen leicht erkennbar ist. Die Ekliptik hat hier ihren südlichsten Punkt erreicht, und nach dem Aequator aufsteigend erreicht sie den Steinbock unter dem durch Altair, einen Stern erster Größe, ausgezeichneten Adler, dann den Wassermann, in welchem man übrigens keine helleren Sterne, als von der dritten Größe wahrnimmt.

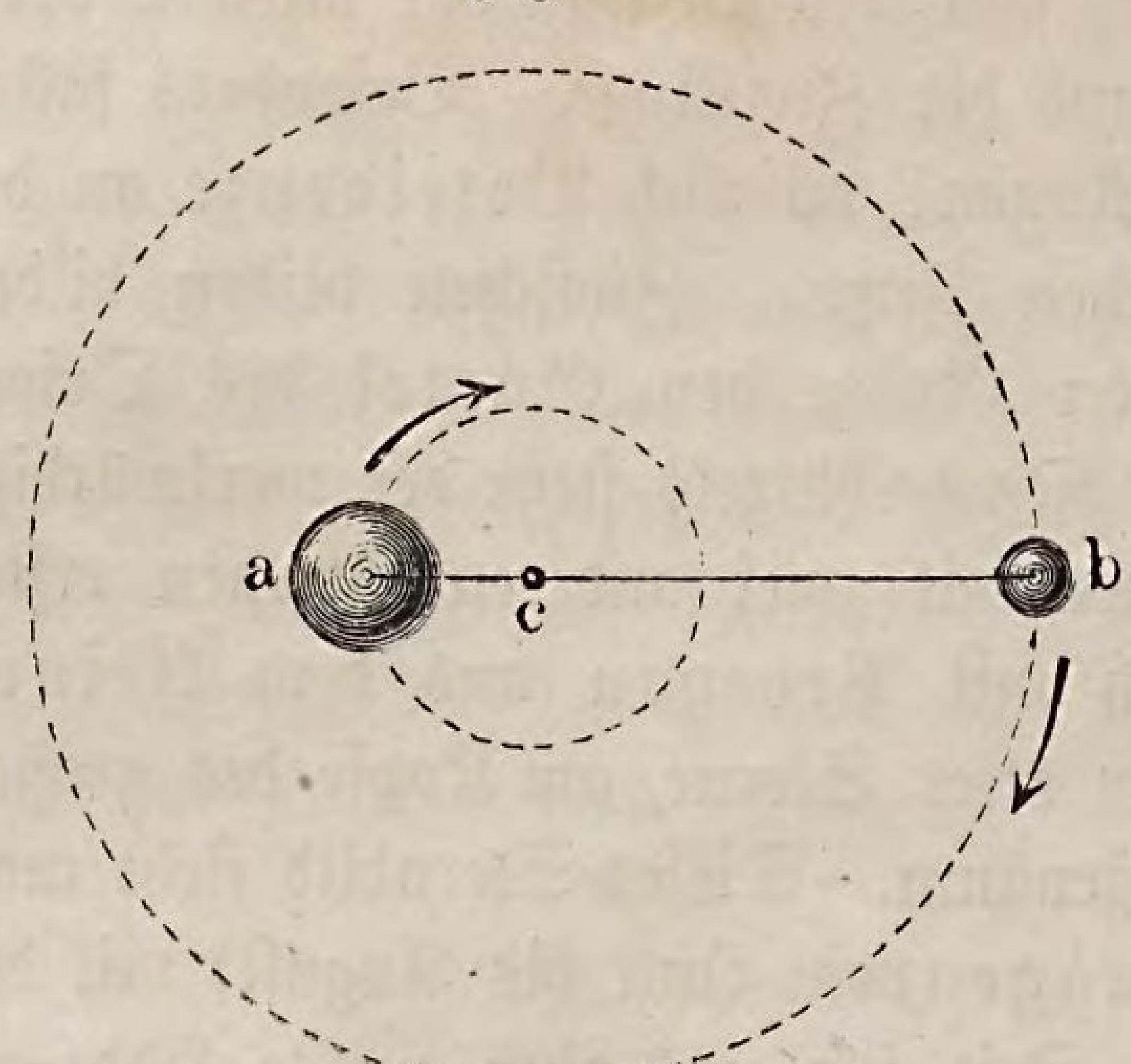
Nach Zurücklegung dieses um das ganze Himmelsgewölbe verfolgten Kreises befinden wir uns wieder bei den Fischen. Dieses Sternbild enthält keine ausgezeichnete Sterne und seine Stelle läßt sich am leichtesten durch den Pegasus bestimmen, unter welchem es sich befindet. Dagegen zeigt sich zwischen Wassermann und Fischen niedrig im Süden Fomalhant von erster Größe im Sternbild der südlichen Fische.

III. Besondere astronomische Erscheinungen.

Sonne und Erde.

51 An beiden Enden eines Stabes befinden sich die Kugeln a und b, Fig. 40. Es soll die Kugel a dreimal so viel Masse haben als b. Der Schwerpunkt des Ganzen muß daher näher bei der größern Masse liegen, und aus §. 14 der Physik läßt sich nachweisen, daß, wenn wir die Entfernung zwischen den Mittelpunkten der beiden Kugeln in vier gleiche Stücke theilen, der gemeinschaftliche Schwerpunkt in $1/4$ der Entfernung, nämlich bei c liegt. Alsdann wirken in der Entfernung 3 die Masse $b = 1$, und in der Entfernung 1 die Masse $a = 3$, und die Vorrichtung muß daher im Gleichgewicht sich befinden, wenn sie bei c unterstützt wird. Setzen wir dieselbe um diesen Schwerpunkt c in Umdrehung, so sehen wir beide Kugeln die durch punktirte Kreise angedeuteten Wege zurücklegen, wir sehen, daß die kleinere Masse b einen Weg um die größere Masse a beschreibt.

Fig. 40.



Schleudern wir zwei auf ähnliche Weise verbundene ungleiche Massen weit in die Luft hinaus, so sehen wir, daß dieselben eine drehende Bewegung um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt annehmen, wobei stets die kleinere Masse einen Weg um die größere beschreibt.

Wäre in dem Beispiele Fig. 41 die Masse der Kugel *a* das Zehnfache oder gar Hundertfache der Kugel *b*, so würde der gemeinschaftliche Schwerpunkt innerhalb der größern Kugel selbst fallen. Wir würden dann sehen, daß diese eine Umdrehung um einen in ihrem Innern liegenden Punkt machen würde, während die kleinere Kugel einen Kreis um die größere beschreibt.

Grössenverhältnisse. Die Sonne und die Erde sind zwei in 52
einem ähnlichen Verhältnisse zu einander stehende kugelförmige Massen, deren Unterschied jedoch viel bedeutender ist, als dies in den obigen Beispielen der Fall war, wie die folgende Tafel zeigt:

		Erde.	Sonne.	Verhältniß der Erde zur Sonne:	
Durchmesser .	Meilen	1 717	185 200	1	107,7
Oberfläche .	Quadratmeilen	9 261 000	107 800 Millionen	1	11 600
Inhalt . . .	Kubikmeilen	2 650 184 000	3 326 000 000 Millionen	1	1 250 000
Mittlere Entfernung .	Meilen	19 884 000	—	—	—
	Erdhalbmesser	23 161	—	—	—

Da der Erdkörper eine von der Kugelgestalt etwas abweichende Form hat, so beträgt der Durchmesser, welcher zwei Punkte des Aequators verbindet, 1719 Meilen, während die Erdachse nur die Länge von 1713 Meilen hat. Der vorstehend genannte Durchmesser von 1717 Meilen entspricht dem einer Kugel, welche gleichen Kubikinhalt hat mit dem Erdkörper.

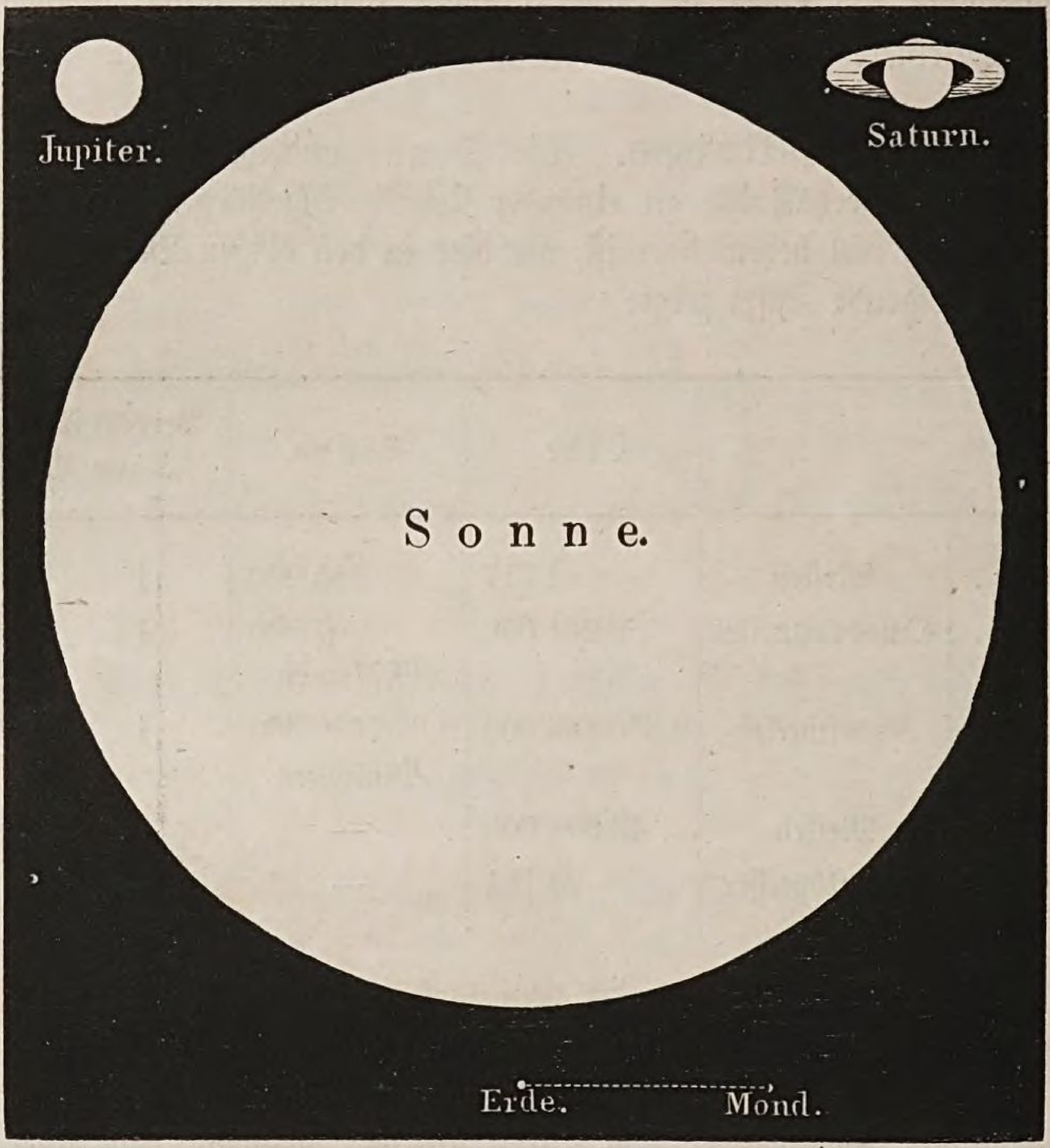
Um die Vorstellung obiger Größenverhältnisse zu erleichtern, fügen wir in Fig. 41 (a. f. S.) eine Darstellung der Sonne und Erde im richtigen Verhältniß bei. In ebendemselben enthält die Figur auch den Mond und seinen Abstand von der Erde, sowie die beiden größten Planeten Jupiter und Saturn. Den verhältnißmäßigen Abstand der Erde von der Sonne erhält man, wenn man das kleine weiße Pünktchen, welches die Erde vorstellt, etwa 60 Fuß weit abrückt von dem großen die Sonne vorstellenden Kreise.

Denken wir uns diese beiden Weltkörper durch eine Schnur oder einen Stab mit einander verbunden, so fällt ihr gemeinschaftlicher Schwerpunkt innerhalb des Sonnenkörpers und zwar sehr nahe an den Mittelpunkt desselben. Zusammen in den Weltraum geschleudert, werden sie sich, ähnlich wie die Kugeln in obigem Versuche, in eine drehende Bewegung versetzen, und zwar wird sich die Sonne um sich selbst, die Erde aber um die Sonne bewegen.

Diese Bewegung findet wirklich Statt, Sonne und Erde werden jedoch nicht durch irgend ein materielles Band in diesem Verhältniß gehalten, sondern durch eine eigenthümliche Zusammenwirkung von Kräften.

Die Kraft, welche Sonne und Erde verbindet, ist die zwischen allen Körpern wirkende gegenseitige Anziehung, die wir in der Physik bereits unter dem

Fig. 41.



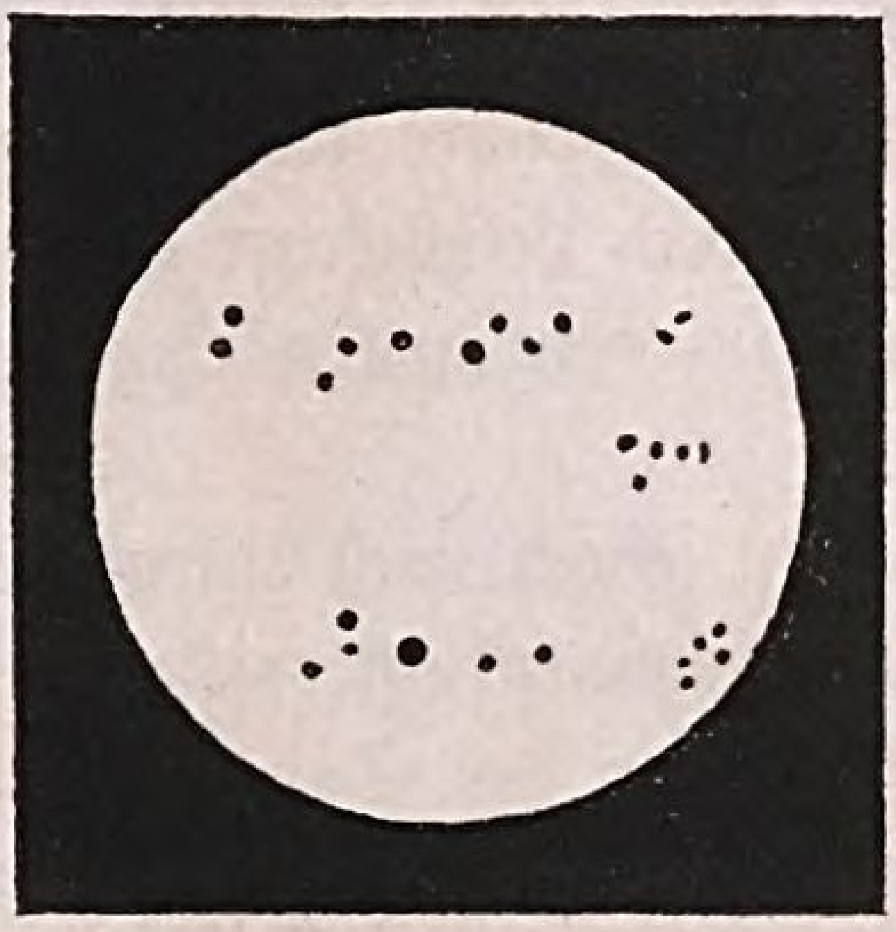
Namen der Schwere oder Gravitation kennen gelernt haben. Daß in Folge dieser Kraft Sonne und Erde nicht wirklich fortwährend sich nahe kommen, und endlich zusammenstoßen, beruht auf der Mitwirkung einer zweiten Kraft, welche, rechtwinklig auf die Richtung der Anziehung gerichtet, die zusammengesetzte Bewegung der Erde veranlaßt (s. Physik §. 66).

53 **Sonnenflecken.** Der ungeheure Sonnenkörper selbst ist nicht ohne Bewegung. Wir sehen dieses an dunkeln Stellen, welche auf der leuchtenden Oberfläche der Sonne als sogenannte Sonnenflecken zuweilen wahrgenommen werden, ungefähr in der Art, wie es Fig. 42 zeigt. Dieselben erscheinen uns bei aufmerksamer Beobachtung nicht immer an der gleichen Stelle. Man hat gesehen, daß solche Flecken, von einem Rande der Sonne ausgehend, immer in einer und derselben Richtung deren ganze Oberfläche überschritten, bis zum entgegengesetzten Rande, und dort verschwanden, um nach einiger Zeit wieder an der ersten Stelle zum Vorschein zu kommen. Hieraus ist für die Zeit, in welcher der Sonnenkörper sich um seine Achse dreht, die Dauer von 25 Tagen und

4 Stunden gefunden worden. Diese Bestimmung ist jedoch nur eine annähernde, da die Sonnenflecken ihre Gestalt fortwährend ändern, einzelne verschwinden, während neue entstehen, so daß es nur in seltenen Fällen gelingt, den nämlichen Flecken für längere Zeit zu verfolgen.

An den Flecken selbst läßt sich ein dunkler Kern und eine schattenartige Umgebung, die Penumbra, unterscheiden, während in ihrer Nähe sich zeigende Stellen von auffallender Helligkeit Sonnenfackeln genannt worden sind. Die Flecken zeigen hinsichtlich ihrer stets unregelmäßigen Gestalt eine außerordentliche Mannichfaltigkeit. Ebenso wechselnd ist die Größe derselben; während manche so groß sind, daß sie mit dem bloßen Auge gesehen werden konnten, erscheinen die kleinsten, die sogenannten Poren, nur als Punkte bei der stärksten Vergrößerung. Am häufigsten zeigen sich die Sonnenflecken in zwei von dem Aequator und den Polarregionen der Sonne begränzten Zonen. In manchen Jahren treten die Sonnenflecken in großer Anzahl auf, in anderen ist dieselbe auffallend gering, allein es ist ein Zusammenhang dieses Wechsels mit nassen und trockenen Jahren nicht nachzuweisen. Mit ziemlicher Sicherheit scheint jedoch derselbe in elfjährigen Perioden einzutreten, welche mit ähnlichen Zeiträumen des Wechsels in der magnetischen Declination zusammenfallen, woraus vielleicht eine gegenseitige Beziehung beider Erscheinungen aufgefunden werden kann.

Fig. 42.



Natur der Sonne. Die Frage: Worin das blendende Licht und die belebende Wärme der Sonne ihren Ursprung haben, ist eine noch ungelöste Aufgabe. Am nächsten lag die Annahme, daß der Sonnenkörper eine brennende Masse sei und demgemäß Wärme und Licht ausstrahle, wie jeder brennende Körper. In diesem Falle hätte sich jedoch hieran, trotz der außerordentlichen Größe der Sonne, im Laufe von Jahrtausenden eine Abnahme bemerklich machen müssen, was nach den vorliegenden Beobachtungen nicht der Fall ist. 54

Nachdem die Sonnenflecken entdeckt waren, suchte man ihre Gegenwart daraus zu erklären, daß die Sonne aus einem dunkeln Ball bestehe, der umgeben sei von einer leuchtenden Hülle oder Atmosphäre. Indem in letzterer Oeffnungen oder Spalten entständen, erblicke man den schwarzen innern Kern als Sonnenflecken. Diese Ansicht erwies sich jedoch nicht nur unvereinbar mit gewissen Erscheinungen an den Sonnenflecken, die man durch das Fernrohr beobachtete, sondern sie wurde auch völlig beseitigt durch die Anwendung der Spectralanalyse auf das Licht der Sonne.

Durch das Studium des Sonnenspectrums, das in §. 205 der Physik eingehend besprochen wurde, sind wir nunmehr im Stande, uns über die Natur des Sonnenkörpers eine wohlbegründete Vorstellung zu bilden. Hiernach besteht derselbe, in geradem Gegensatz zur frühern Meinung, aus einem weißglühenden

innern Kern, umgeben von einer Atmosphäre, in welcher sich verschiedene Stoffe in gasförmigem Zustand glühend befinden und man nimmt als mit Sicherheit nachgewiesen an, daß in dieser Atmosphäre die folgenden Elemente enthalten sind: Barium, Chrom, Eisen, Calcium, Kalium, Magnesium und Natrium, während andere, wie Aluminium, Antimon, Arsen, Blei, Gold, Cadmium, Lithium, Quecksilber, Silber, Silicium, Strontium, Zinn, fehlen, oder in nicht nachweisbarer Menge vorhanden sind.

Nichts ist daher wahrscheinlicher, als daß, vergleichbar mit der Wolkenbildung in unserer Erdatmosphäre, auch in der Sonnenatmosphäre wolkenartige Niederschläge entstehen, die eine geringere Temperatur und Leuchtkraft als der Sonnenkörper selbst besitzen und bei starker Blendung auf dem hellen Sonnengrunde als schwarze Flecken sich darstellen.

Unsere Kenntnisse über den Sonnenkörper enthalten jedoch noch einen weitern Beitrag durch die Erscheinungen, welche bei totalen Sonnenfinsternissen eintreten. Es zeigt sich nämlich, sobald die völlige Bedeckung der Sonnenscheibe durch den Mond stattgefunden hat, die Corona, ein breiter, weißstrahliger Lichtring, welcher die völlig schwarze Mondscheibe umgiebt und dessen Breite eine sehr beträchtliche ist, indem sie dem fünften Theile des Sonnenhalbmessers gleichkommt. Außerdem bemerkt man an dem dunkeln Mondrand noch hier und da die sogenannten Protuberanzen, wie bei Fig. 43, welche nach einem photogra-

Fig. 43.

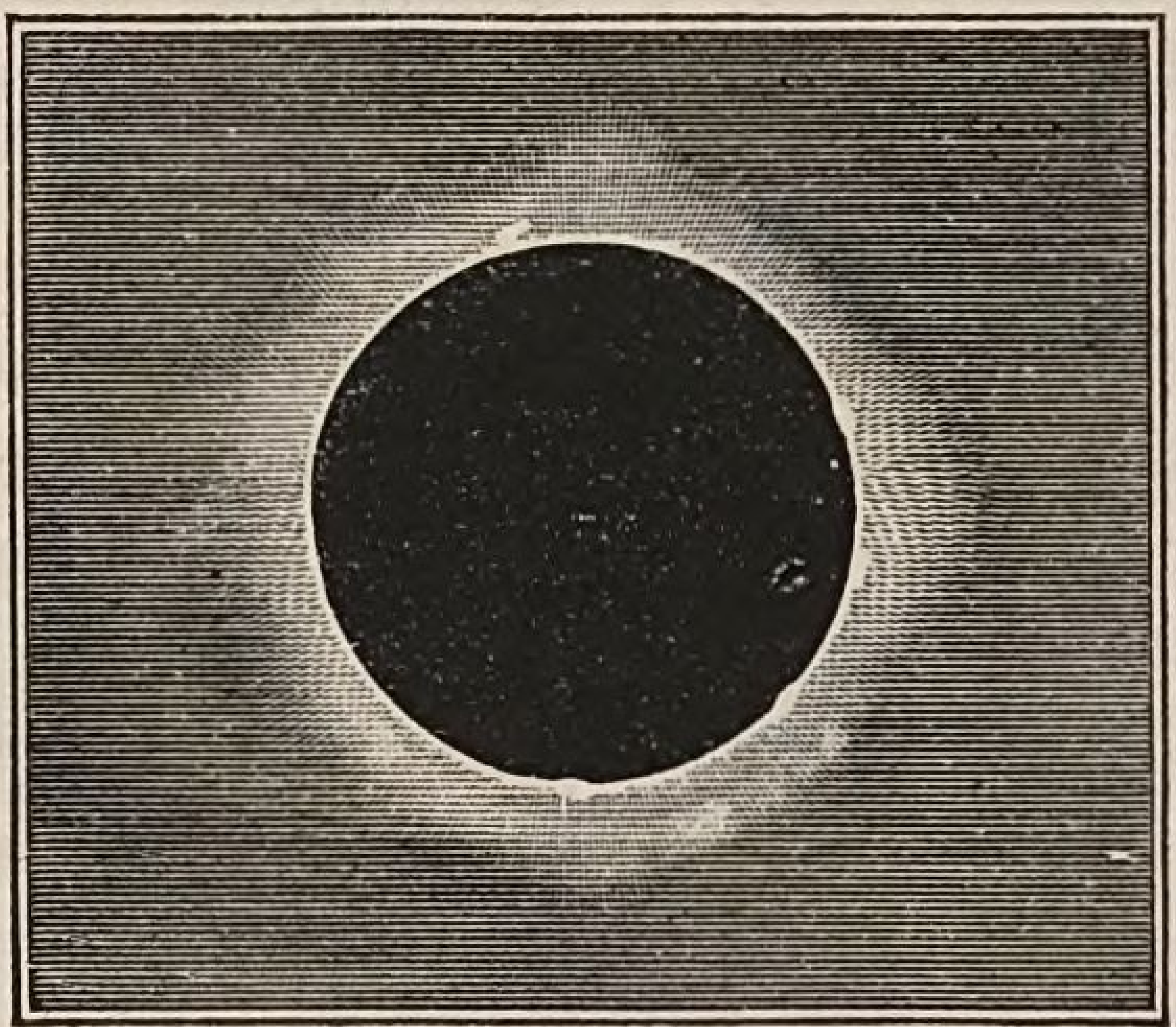


Fig. 44.



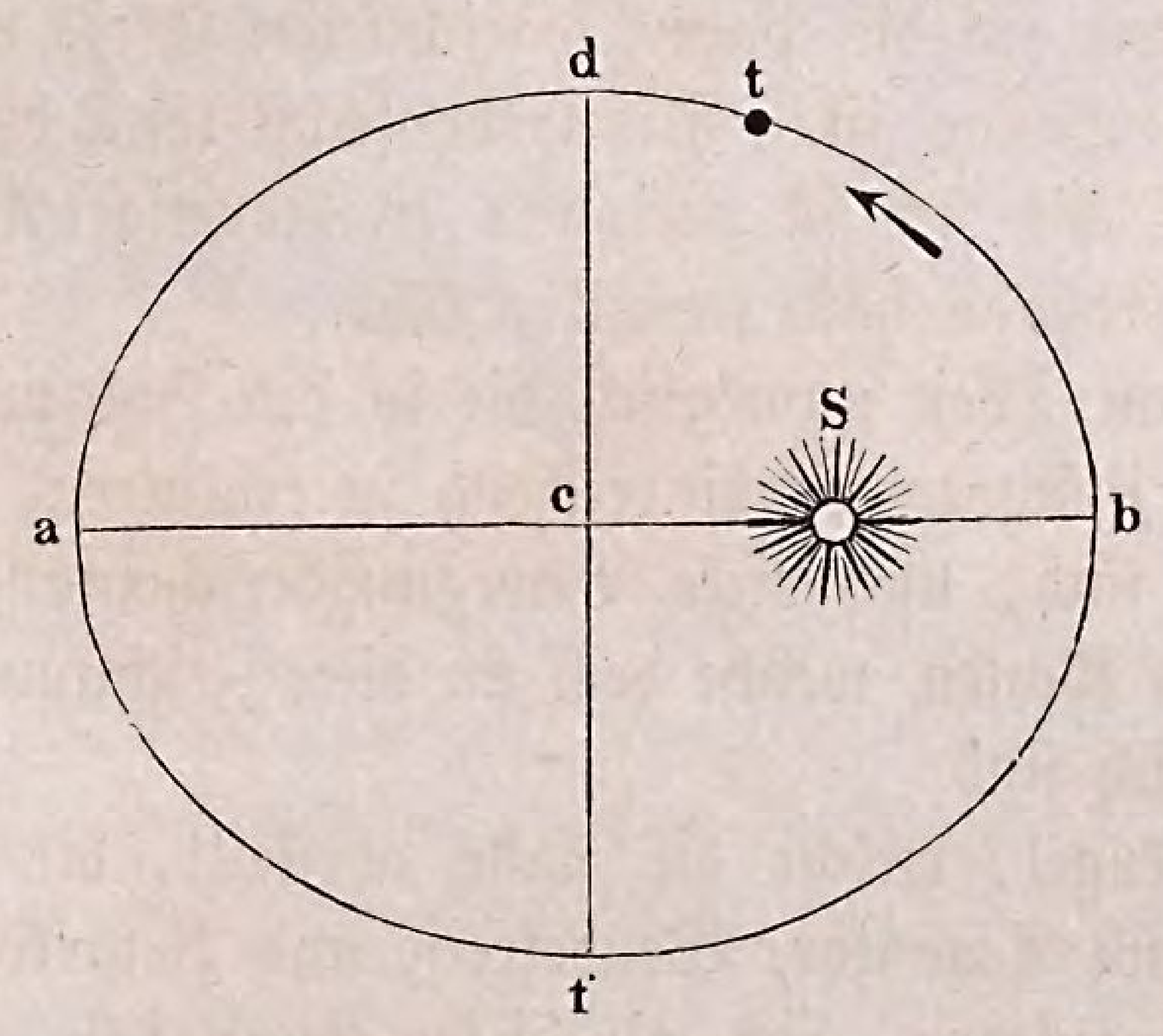
phischen Bild der totalen Sonnenfinsterniß vom 18. August 1868 ausgeführt ist. Dieselben bilden zackige, flammenartige Hervorragungen von meist rosafarbigem Lichte, mitunter von sehr beträchtlicher Höhe und alsdann meist überhängend oder umgebogen, wie eine vom Wind bewegte Rauchsäule. Fig. 44 zeigt uns in größerem Bild eine dieser charakteristischen Formen. Die Spectralbeobachtung beweist ferner, daß das von den Protuberanzen herkommende Licht einer Gasflamme angehört.

Die Sonne ist rings von einer Hülle von Wasserstoff umgeben und die Protuberanzen sind nur stellenweise Anhäufungen dieser glühenden, 8000 Kilometer hohen Wasserstoffatmosphäre, welche die Chromosphäre genannt worden

ist. Protuberanzen konnten bisher nur bei eingetretener Sonnenfinsterniß beobachtet werden. Seitdem man ihre Natur erkannt hat, läßt sich ihre Gegenwart jederzeit nachweisen. Mit hierfür besonders eingerichteten Instrumenten wird der Rand der Sonne beobachtet; da wo Spectrallinien sich zeigen, rühren sie von an dieser Stelle befindlichen Protuberanzen her.

Erdbahn. Der Weg, welchen die Erde um die Sonne zurückgelegt, ist 55
eine Ellipse, Fig. 45, von sehr geringer Excentricität, so daß sie der Kreisform genähert erscheint. Die große Achse oder Apsidenlinie derselben, *ab*, beträgt $40^1/_2$ Millionen Meilen. In einem der Brennpunkte befindet sich die Sonne, und ihr Abstand von dem Mittelpunkte *c* der Ellipse ist die sogenannte Excentricität der Erdbahn. Es erreicht die Erde während ihres Umlaufs einmal ihre größte Entfernung von der Sonne, wenn sie an dem einen Ende der Achse sich befindet, wo ihr Abstand 20 217 000 geographische Meilen beträgt, was am 2. Juli der Fall ist. Jener Punkt wird daher die Sonnenferne oder das Aphelium genannt. Am entgegengesetzten Punkte der großen Achse erreicht die Erde ihre Sonnennähe oder das Perihelium am 1. Januar, indem sie hier nur 19 551 000 Meilen von der Sonne entfernt ist. Die aus diesen beiden Abständen sich ergebende mittlere Sonnenferne ist gleich 19 884 000 Meilen. Um diesen Raum zu durchlaufen, würde eine Kanonenkugel, von 324 Meter Geschwindigkeit in der Secunde, eine Zeit von 14 Jahren brauchen.

Fig. 45.



In den meisten Fällen kann man von der elliptischen Gestalt der Erdbahn ganz absehen und dieselbe als einen Kreis betrachten, dessen Halbmesser gleich 20 Millionen Meilen ist. Der Umfang dieser Bahn beträgt etwa 125 Millionen Meilen und wird von der Erde in 365 Tagen und etlichen Stunden zurückgelegt, so daß sie in einer Secunde 4 Meilen durcheilt. Die Geschwindigkeit der Erdbewegung um die Sonne ist daher viel größer, als die Umdrehungsgeschwindigkeit eines Punktes am Aequator, die in der Secunde 464 Meter beträgt. Könnten wir mit jener ersten Geschwindigkeit der Erde eine Reise um ihren 5400 Meilen betragenden Umkreis antreten, so würde diese schon in $22^1/_2$ Minuten vollendet sein.

Die soeben angeführte Geschwindigkeit der Erde ist jedoch eine mittlere Geschwindigkeit. Die elliptische Gestalt der Erdbahn ist nämlich von wesentlichem Einfluß auf die Bewegung der Erde, welche an Geschwindigkeit zunimmt, je mehr die Erde zur Sonnennähe hinrückt, und abnimmt bis zur Erreichung der Sonnenweite. Es entspringt hieraus, wie später gezeigt wird, ein Unter-

schied in der Dauer des Sommer- und Winterhalbjahrs, indem ersteres $7^3/_4$ Tage länger ist, als letzteres.

56 **Stellung der Erdachse zur Ebene der Erdbahn.** Denken wir uns eine durch den Mittelpunkt der Sonne gelegte Ebene nach allen Seiten hin ausgedehnt, und in dieser Ebene die Erde in Bewegung. Versinnlichen läßt sich das Gedachte, wenn man in der Mitte eines kreisförmigen Stückes Pappe einen Ausschnitt macht, und eine kleine Kugel zur Hälfte in denselben versenkt. Diese Kugel stellt die Sonne vor, die Fläche der Pappe ist die Ebene der Erdbahn, welche letztere durch einen auf die Pappe gezeichneten Kreis vorgestellt wird, dessen Mittelpunkt die Sonne ist. Die Erde selbst kann durch eine kleinere Kugel vorgestellt werden, die sich in geeignete kreisförmige Ausschnitte an verschiedenen Stellen der Erdbahn halb einsenken läßt.

Es ist überhaupt schwierig, ja zum Theil unmöglich, die in dem Folgenden zu beschreibenden Erscheinungen durch Zeichnungen hinreichend zu erläutern, da diese immer auf die Fläche beschränkt sind, und viele Bewegungserscheinungen nur in Verkürzungen gezeichnet werden können, welche dem an diese Zeichnungsart nicht Gewöhnten leicht unverständlich sind.

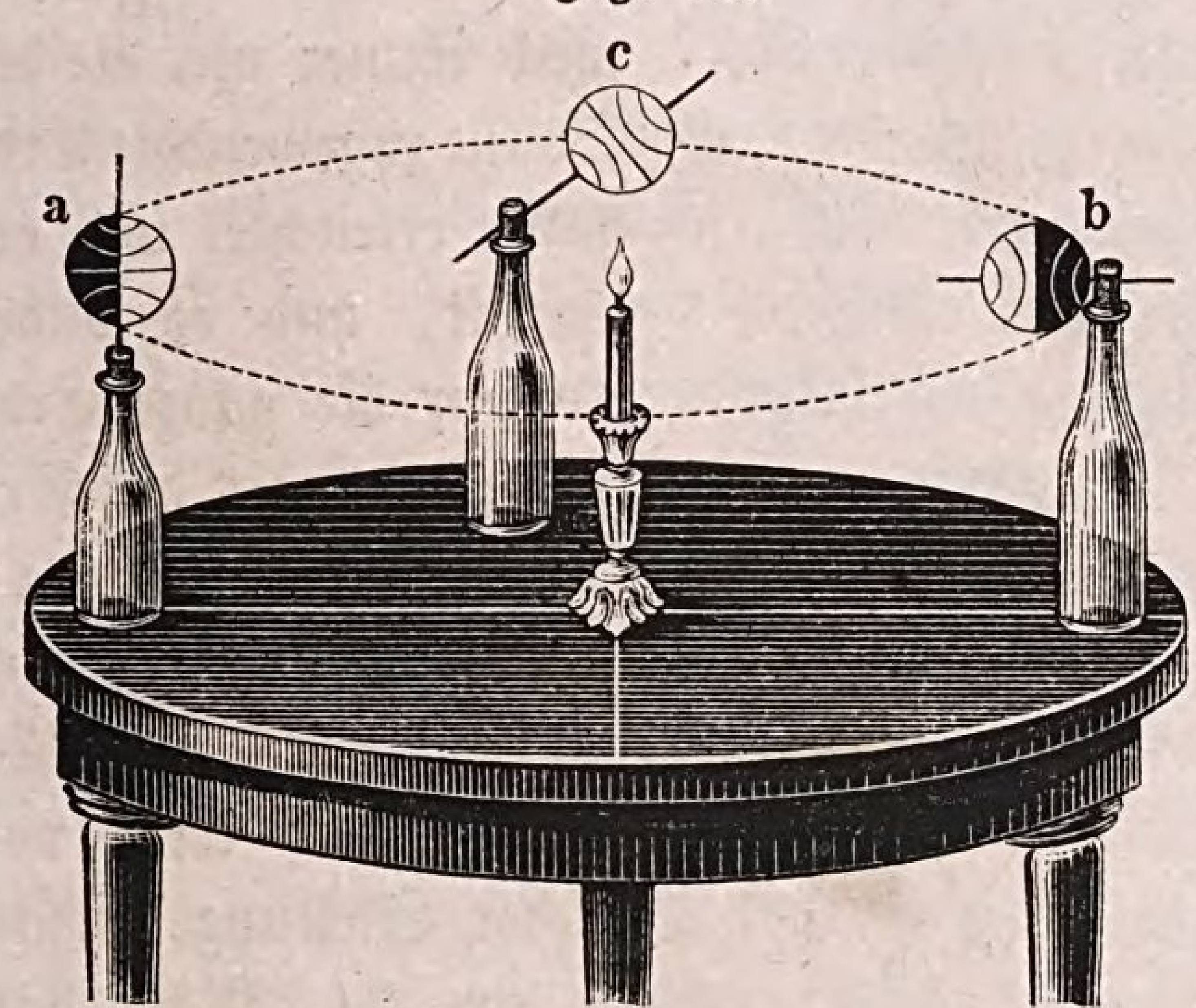
Zeichnen wir auf eine kleine Kugel, welche die Erde vorstellt, die am Erdglobus gebräuchlichen Kreise, nämlich Aequator, Wendekreise und Polarkreise sowie die Pole selbst, so ist leicht einzusehen, daß wir dieser Kugel sehr verschiedene Lagen zur Ebene der Erdbahn geben können. Einmal können wir dieselbe so legen, daß beide Pole, also die Erdachse, in der Ebene selbst liegen. Sodann kann die Erdachse senkrecht zu dieser Ebene gestellt werden, und endlich kann sie eine schiefe Lage zu derselben erhalten, so daß also die Erdachse mit der Erdbahn einen spitzen Winkel bildet.

Daß diese drei verschiedenen Stellungen von dem wesentlichsten Einflusse auf die Erscheinungen an unserer Erdoberfläche sein müssen, soll nun gezeigt werden. Auch hier helfen wir der Anschauung sehr vortheilhaft nach, indem wir in die Mitte eines runden Tisches ein Licht (am besten eine Lampe) bringen, welches die Sonne vorstellt. In gleicher Höhe mit der Flamme stellen wir am Rande des Tisches einen kleinen Globus auf, dessen Achse eine beliebige Lage gegeben werden kann. Statt des Globus läßt sich auch eine kleine hölzerne Kugel benutzen, deren Achse durchbohrt und um eine Stricknadel drehbar ist. Die Nadel kann gleich hoch mit der Lichtflamme in den Kork einer Flasche so befestigt werden, daß sie zur Ebene des Tisches entweder senkrecht, oder geneigt, oder parallel damit ist. Auf der Kugel selbst sind die erforderlichen Parallelkreise und der Aequator verzeichnet. Endlich theilt man den Umkreis des Tisches durch zwei rechtwinklig zu einander durch dessen Mittelpunkt gezogene Linien in vier gleiche Theile. Mit Hülfe dieser einfachen Vorrichtung kann man sich das im Folgenden Beschriebene besser klar machen, als wir dieses durch Zeichnung zu thun im Stande wären.

57 Nehmen wir zuerst an, die Erdachse sei senkrecht zur Erdbahn wie bei *a*, Fig. 46.

Es würde alsdann während des ganzen Jahres und an jedem Punkte der Erde die Nacht dieselbe Dauer haben wie der Tag. Die Sonnenstrahlen, senkrecht auf den Aequator fallend, würden die in dessen Nähe liegenden Landgürtel versengen und unbewohnbar machen. Glücklicher würden diejenigen Gegenden sein, welche zwischen den etwas vom Aequator entfernten Parallelkreisen lägen. Diese würden sich wegen der schief auffallenden Sonnenstrahlen Jahr aus Jahr ein eines milden Frühlingswetters erfreuen. Allein gerade hierdurch würde für die Bewohner jener Erdgürtel der Reiz des Wechsels der Jahreszeit verloren sein, und ohne Zweifel würden eine Menge von Pflanzen nicht gehörig sich entwickeln können. Einem höchst traurigen Schicksale müßten aber die Gegenden der mehr den Polen genäherten Parallelkreise anheimfallen. Denn theils würde dort das Sonnenlicht so schief auffallen, theils so vollständig vorbeischießen, daß ein ewiger erstarrender Winter in Ländern herrschen würde, wo jetzt Millionen glücklicher Menschen leben. Bei der senkrechten Stellung der Erdachse zu ihrer Bahn würde demnach der größte Theil ihrer Oberfläche unbewohnbar sein.

Fig. 46.



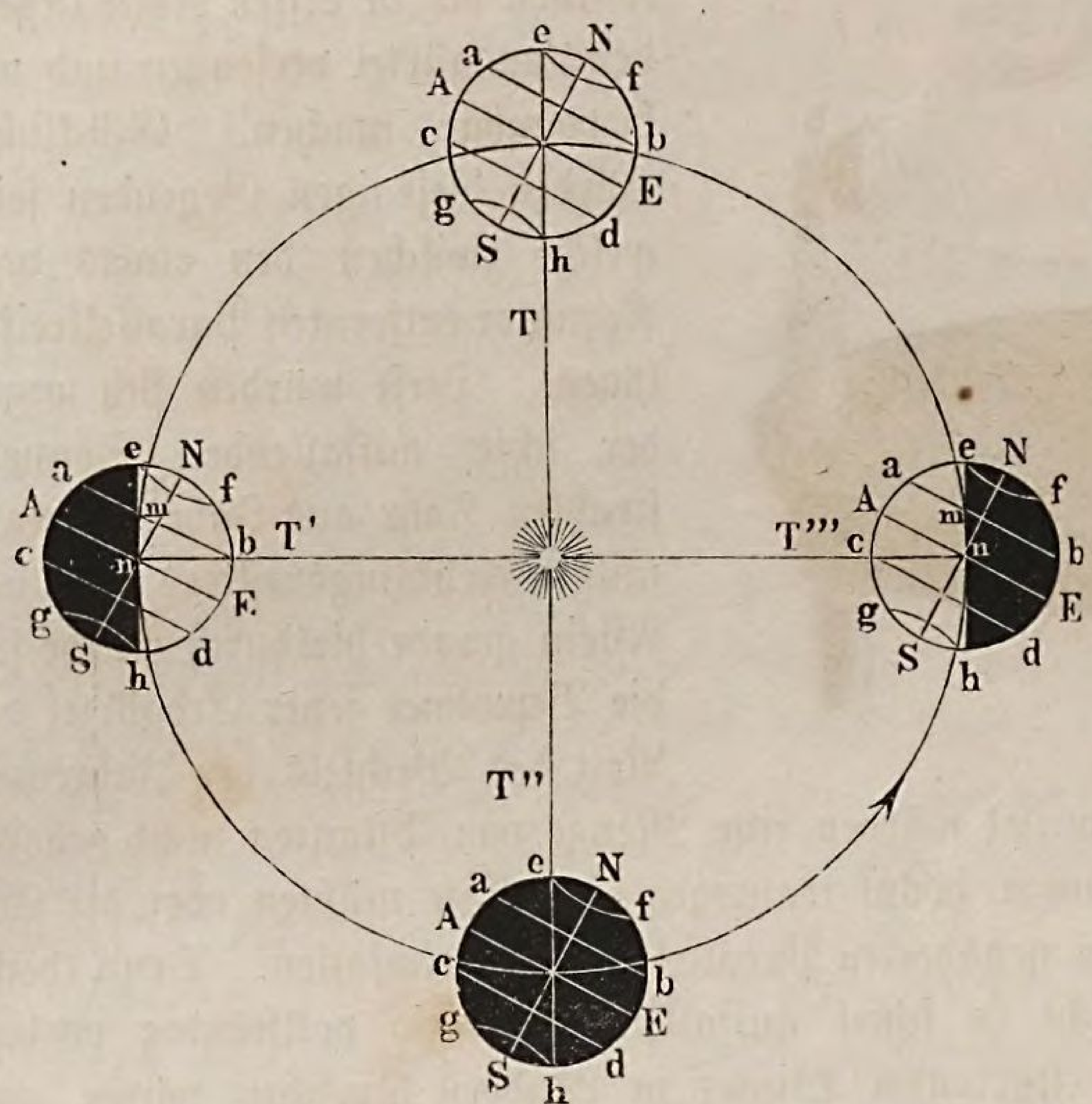
Noch auffallendere Erscheinungen entstehen, wenn wir die Erdachse in die Erdbahn verlegen, Fig. 46 *b*, und zwar so, daß ihre Pole beständig dieselbe Richtung beibehalten. In diesem Falle würde einmal im Jahre die ganze nördliche Halbkugel der Erde beleuchtet sein, das Licht senkrecht auf den Nordpol fallen und der Tag 24 Stunden dauern. Auf der entgegengesetzten Seite, bei *a*, würde dasselbe für die südliche Halbkugel eintreten, und auf diese Weise fortwährend für die verschiedenen Punkte der Erde ein greller Wechsel von brennender Hitze und eisiger Kälte stattfinden. Die Dauer des Tages würde für einen Punkt der Erde fast ein halbes Jahr betragen und für den entgegengesetzten ebenso lang die Nacht sein, kurz diese völligen Wechsel von Licht und Wärme würden für die Bewohnbarkeit der Erde noch viel nachtheiliger sein, als die im Vorhergehenden bezeichneten Mißverhältnisse.

Da nun bekanntlich auf unserer Erdoberfläche weder jene Einförmigkeit in Tagesdauer und Klima herrscht, wie sie aus der senkrechten Lage der Erdachse folgen müßte, noch jener gänzliche Wechsel eintritt, wie die horizontal liegende Erdachse ihn hervorrufen würde, so muß nothwendig die Lage der Erdachse zu ihrer Bahn geneigt sein, sie muß dieselbe in einem spitzen Winkel schneiden (s. *c*, Fig. 46).

Dieses ist in der That der Fall, und hieraus erklären wir nun leicht eine Reihe von ebenso wichtigen als bekannten Erscheinungen.

58 Betrachten wir jetzt die Erde, Fig. 47, in ihren vier Hauptstellungen zu der in der Mitte stehenden Sonne; T ist die Erde, deren Achse SN sich selbst stets parallel bleibt. Offenbar wird immer nur die der Sonne zugewendete Erdhälfte erleuchtet und erwärmt, und es bildet ein um die ganze Erde gehender Kreis die **Erleuchtungsgränze** zwischen der hellen und dunklen Erdhälfte. Es stellt T die Erde vor in der Stellung, welche sie am 21. März hat, wo die Sonnenstrahlen senkrecht auf den Aequator treffen. In diesem Falle geht der Kreis der Erleuchtungsgränze durch die beiden Pole S und N, folglich ist es auf der halben nördlichen und der halben südlichen Halbkugel zugleich Tag, und während sich die Erde um ihre Achse SN dreht, beschreibt jeder Punkt ihrer Oberfläche die Hälfte seines täglichen Kreises in der Tagseite, und die andere Hälfte in der Nachtseite. In dieser Stellung sind daher Tag und Nacht auf der ganzen Erde einander gleich, und wir nennen sie daher die **Frühlingsnachtgleiche** oder **Aequinoctium**. Dasselbe gilt von der am 23. September stattfindenden **Herbstnachtgleiche**, die durch die Stellung T'' versinnlicht wird, wo uns in der Abbildung die unbeleuchtete oder Nachtseite der Erde zugekehrt erscheint.

Fig. 47.



Legt dagegen die Erde den vierten Theil ihrer Bahn zurück, so gelangt sie am 21. Juni in die Stellung T', welche das **Sommersolstitium** genannt wird. Man sieht, daß hier der Nordpol N sowie ein beträchtlicher Theil der ihn umgebenden Erdoberfläche während der ganzen täglichen Umdrehung der Erde erleuchtet bleiben. Dem innerhalb des um $23^1/_2$ Grade vom Nordpol abstehenden nördlichen **Polarkreises** ef Wohnenden geht an diesem Tage die Sonne gar nicht unter, sein Tag dauert 24 Stunden. Der vom Polarkreis eingeschlossene Theil der Erde heißt die nördliche Polarzone.

Gerade das Umgekehrte findet gleichzeitig innerhalb der südlichen Polarzone gh Statt, wo an demselben Tage die Sonne gar nicht sichtbar wird, mithin die Nacht 24 Stunden währt.

Am Aequator ist auch an diesem Tage die Dauer von Tag und Nacht gleich, denn der erleuchtete Theil nE dieses Kreises ist gleich dem unerleuchteten

nA. Für jeden nördlich vom Aequator liegenden Punkt wird dagegen der Tag länger als die Nacht, da offenbar der beleuchtete Theil mb des Parallelkreises ab größer ist, als dessen unbeleuchteter Theil ma, folglich ein Bewohner dieser Gegend während der Tagesumdrehung der Erde länger in der Beleuchtung als in der Dunkelheit verweilt. Alle vom Aequator nördlich liegenden Punkte haben daher am 21. Juni ihren längsten Tag und ihre kürzeste Nacht.

Daß südlich vom Aequator das umgekehrte Verhältniß eintritt und dort die längste Nacht herrscht, ist leicht ersichtlich.

Der Parallelkreis ab, auf welchen den 21. Juni die Sonnenstrahlen senkrecht fallen, heißt der Wendekreis des Krebses.

Indem nun die Erde in ihrer Bahn weiter rückt, vermindert sich täglich die Länge des Tages, bis dieselbe am 23. September in die Herbstnachtgleiche T'' tritt, wo Tag und Nacht gleich sind. Von hier aus weiter rückend verkürzt sich der Tag immer mehr, bis die Erde am 23. December das Wintersolstitium T''' erreicht hat, wo die Sonnenstrahlen senkrecht auf den Wendekreis des Steinbocks cd fallen. Daß für uns Bewohner der nördlichen Halbkugel die Tagbogen, z. B. ma, kleiner sind als die Nachtbogen mb, fällt in die Augen. Wir haben an diesem Tage unsern kürzesten Tag, während unsere Gegenfüßler auf der Südhälfte der Erde sich ihres längsten Tages erfreuen.

Während also in der Nähe des Aequators die Dauer von Tag und Nacht sich gleich bleibt, ergeben sich mit zunehmender Entfernung von demselben hierin entsprechend auffallende Unterschiede, wie die nachfolgende Tafel zeigt:

Polhöhe oder graphische Breite.	Dauer des längsten Tages oder der längsten Nacht.
0	12 Stunden.
16° 44′	13 "
30° 48′	14 "
49°	16 "
63° 23′	20 "
66° 32′	24 "
67° 23′	1 Monat.
73° 39′	3 "
90°	6 "

Beim Verfolgen ihrer Bahn nehmen jedoch vom Wintersolstitium an die Tage wieder zu bis zur Frühlingsnachtgleiche, wo wir unsern Ausgangspunkt erreicht, mithin unsern jährlichen Umlauf vollendet haben.

Wir sehen also in dieser schiefen Stellung der Erdachse zur Erdbahn die einfache Erklärung der schon in §. 33 beschriebenen scheinbaren jährlichen Sonnenbewegung, vermöge welcher dieselbe zweimal jährlich den Aequator schneidet, und einmal nördlich und südlich einen höchsten und tiefsten Stand erreicht, um von da wieder umzuwenden.

Jener höchste und tiefste Sonnenstand wird aber durch die vom Aequator $23^1/_2$ Grade entfernten Wendekreise bezeichnet, weil hier die Sonne umzuwenden und dem Aequator sich wieder zu nähern scheint.

59 Für die Bewohner des zwischen den beiden Wendekreisen liegenden Erdgürtels, den man die **heiße** oder **tropische Zone** nennt, ändert die Sonne ihre Stellung während des ganzen Jahres nie so auffallend, daß nicht die Strahlen derselben fast immer senkrecht oder nahezu senkrecht auffallen. Daher herrscht in diesem Erdtheile die größte Hitze, und große Unterschiede in der Wärme, wodurch verschiedene Jahreszeiten stattfinden, treten nicht ein. Pflanzen- und Thierwelt und die Menschen selbst erhalten unter dem Einfluß dieses Reichthums an Wärme und Licht eigenthümliche Formen und Eigenschaften.

Zwischen den Wendekreisen und den Polarkreisen liegen jederseits des Aequators die beiden **gemäßigten Zonen**. Innerhalb dieser fällt das Sonnenlicht niemals senkrecht auf, es wird daher ein beträchtlicher Theil der Wärmestrahlen an der Erde vorbeigehen (s. Physik, §. 247) und die Hitze erreicht niemals den höchsten Grad.

Die Gesammtoberfläche der heißen Zone beträgt 3,7 Millionen Quadratmeilen, die der beiden gemäßigten Zonen zusammengenommen 4,8 Millionen und die der beiden kalten Zonen 0,8 Millionen Quadratmeilen.

Aber sehr verschieden ist der Stand der Sonne zu unserer nördlichen gemäßigten Zone, $abef$, Fig. 47, im Laufe des Jahres. Während des Sommersolstitiums (bei T') treffen die Sonnenstrahlen bei weitem weniger schief auf, als zur Zeit des Wintersolstitiums, wo die Sonne, unter den Aequator hinabgesunken, ihre Strahlen (an $abef$) beinahe vorbeischießt. Und überdies, welch ein Unterschied in der Tagesdauer, so daß im Sommersolstitium die Strahlen nicht nur mehr der Senkrechten genähert auffallen, sondern dies auch während eines Tages eine größere Zeit lang thun, als im entgegengesetzten Falle. Daher denn für uns jener große Unterschied in Temperatur und Witterung im Laufe des Jahres, daher denn jener Wechsel der Jahreszeiten, jener Uebergang aus dem starren Winter in den milden aufthauenden Frühling, dem die reifende Sommerhitze folgt, bis der Herbst mit matterm Lichte und kühlerm Tage folgt, und dem Winter abermals die Thür öffnet.

Wie viel Wohlthätiges und Reizendes für das Menschengeschlecht in diesem ewigen Wechsel der Jahreszeiten liegt, welch unendlicher Zauber demselben innewohnt, dafür spricht nichts mehr, als daß jenes sehnsüchtige Hervorstreben des Frühlings, die strenge Stille und Einsamkeit des Winters, der glühende Segen des Sommers und die wohlthuende Fülle des Herbstes in zahllosen Bildern und Sagen der Kunst und Poesie sich wiederholen von den ältesten Völkern bis auf den heutigen Tag.

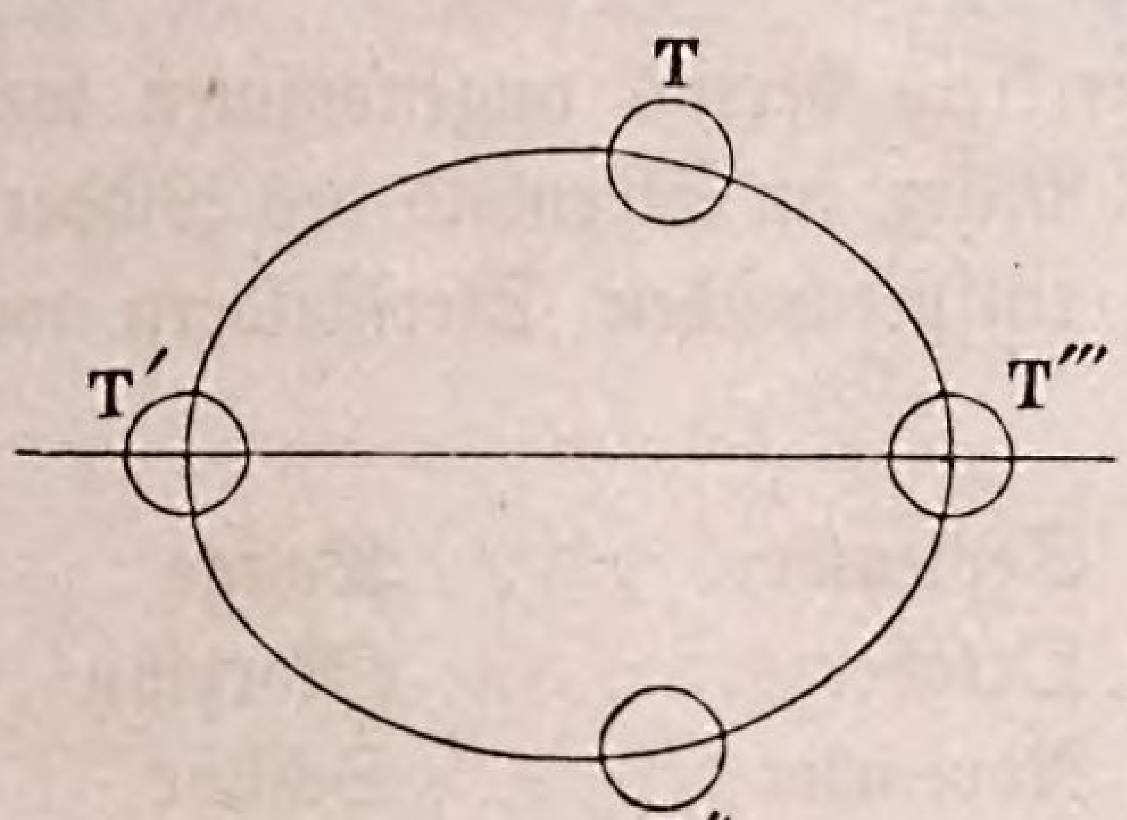
60 Wäre die Erdbahn wirklich, wie in Fig. 47, ein Kreis, so müßten die Zeitabschnitte zwischen den Aequinoctien und Solstitien sich vollkommen gleich sein, und das Sommerhalbjahr von der Frühlingsnachtgleiche bis zur Winternachtgleiche dieselbe Dauer haben, als das Winterhalbjahr.

Dies ist nicht der Fall, weil die Erdbahn, wie wir wissen, eine Ellipse ist, und die Sonne in einem der Brennpunkte der letztern steht.

Wenn T und T'', Fig. 48, die Aequinoctialpunkte sind, so ist das zwischen beiden liegende Stück der Bahn des Winterhalbjahres $T\,T'''\,T''$ kleiner, als die

Bahn des Sommerhalbjahres $T T' T''$. Ueberdies ist während des Winterhalbjahres die Umlaufsgeschwindigkeit der Erde größer, denn sie erreicht im Wintersolstitium ihre Sonnennähe, während die Sonnenferne mit dem Sommersolstitium zusammenfällt. Beide Ursachen wirken zusammen, so daß in Folge hiervon das Sommerhalbjahr gleich 186 Tagen und 12 Stunden ist, während das Winterhalbjahr nur 178 Tage und 18 Stunden hat, jenes mithin um $7^3/_4$ Tage länger ist.

Fig. 48.



Obgleich die Sonnennähe mitten in den Winter fällt und wir alsdann um 666 000 Meilen der Sonne näher gerückt sind, als zur Zeit des Sommersolstitiums, so hat dieses doch durchaus keinen Einfluß auf die Wärme an der Erdoberfläche, da letztere durch das mehr oder weniger schiefe Auffallen der Sonnenstrahlen und die Tagesdauer bedingt wird, wie oben gezeigt worden ist.

Beobachten wir an einem Abende den Untergang der Sonne und merken wir uns einen an der Stelle, wo sie unterm Horizont verschwunden ist, alsbald sichtbar werdenden Stern oder eine Gruppe von Sternen. Am folgenden Abend werden wir diesen Stern oder das Sternbild wieder an derselben Stelle, nahe bei der untergehenden Sonne, erblicken. Wird jedoch diese Beobachtung mehrere Tage lang fortgesetzt, so sehen wir, daß die Sonne diesem Stern immer näher rückt, so daß derselbe bald mit der Sonne zugleich untergeht, weshalb er nach Sonnenuntergang natürlich nicht wahrzunehmen ist. Setzen wir diese Beobachtung nun an einem andern Gestirne fort, so machen wir dieselbe Erfahrung. Am Morgenhimmel finden wir eine ähnliche Erscheinung. Ein Stern, der möglichst nahe und kurz vor der Sonne aufgeht, wird nach mehreren Tagen schon merklich früher und entfernter von derselben über den Horizont sich erheben, weil die Sonne sich von demselben entfernt hat. Die Sonne scheint demnach am Fixsternhimmel von West nach Ost fortzurücken, und wir können ihren Weg bezeichnen, wenn wir uns die Sternbilder bemerken, in deren Nähe wir dieselbe nach und nach erblicken. **61**

Diese Sternbilder bilden am Fixsternhimmel einen Gürtel, der Thierkreis oder Zodiakus genannt und durch zwei um 7 bis 8^0 von der Ekliptik abstehende und mit derselben parallele Kreise begränzt wird. So lange die Sonne sich in der Nähe eines Sternbildes befindet, gebraucht man den Ausdruck: die Sonne steht in dem Sternbilde. Die Alten theilten den Thierkreis durch zwölf in gleichen Entfernungen von einander befindliche Sternbilder in zwölf gleiche Theile und es wurden bereits in §. 51 die Namen und Zeichen derselben mitgetheilt. Die Sonne braucht, um von einem Sternbilde des Thierkreises bis zum nächsten fortzurücken, also um einen Weg von 30^0 in der Ekliptik zurückzulegen, 28 bis 30 Tage, eine Zeit, die ein Monat genannt wird. Nachdem nun die Sonne innerhalb zwölf Monaten von einem

Sternbilde zum andern fortgerückt ist, tritt sie wieder in das Sternbild, in welchem sie zuerst beobachtet worden ist, und dieser Augenblick ist die Vollendung des Jahres. Während eines jeden Monats steht demnach die Sonne in einem andern Sternbilde.

Vor etwa 3000 Jahren, wo der Thierkreis bereits angenommen war, stand die Sonne bei Frühlingsanfang, am 21. März, im Sternbild des Widders, und die Reihenfolge der Monate mit ihren entsprechenden Sternbildern war diese:

März . . .	Widder	September . .	Waage
April . . .	Stier	October . . .	Skorpion
Mai. . . .	Zwillinge	November. . .	Schütze
Juni . . .	Krebs	December. . .	Steinbock
Juli. . . .	Löwe	Januar . . .	Wassermann
August . . .	Jungfrau	Februar . . .	Fische

In Folge einer langsam rückwärts gehenden Verschiebung der Knotenpunkte der Ekliptik und des Aequators (Präcession genannt) ist dieses Verhältniß jetzt ein anderes. Die Sonne steht nämlich bei Frühlingsanfang, also im März, nicht in dem Sternbilde des Widders, sondern in dem der Fische, und ebenso findet für jeden folgenden Monat eine Verrückung zum vorhergehenden Sternbilde Statt. Um jedoch in Beziehung auf ältere Angaben keine Verwirrung zu verursachen, ließ man auf Globen und Himmelskarten u. s. w. die Zeichen der zwölf Sternbilder in ihrer alten Stellung und unterscheidet nun zwischen Sternzeichen oder Zeichen und Sternbild. Die ersteren sind nichts anderes als zwölf Abtheilungsmarken der Ekliptik, die letzteren sind die wirklichen Sterngruppen. Ist z. B. irgendwo gesagt: die Sonne oder ein Planet steht im Zeichen des Krebses, so suche ich am Globus oder an der Sternkarte das Zeichen ♋ und finde dort das vorhergehende Sternbild, nämlich das der Zwillinge, (s. Fig. 49).

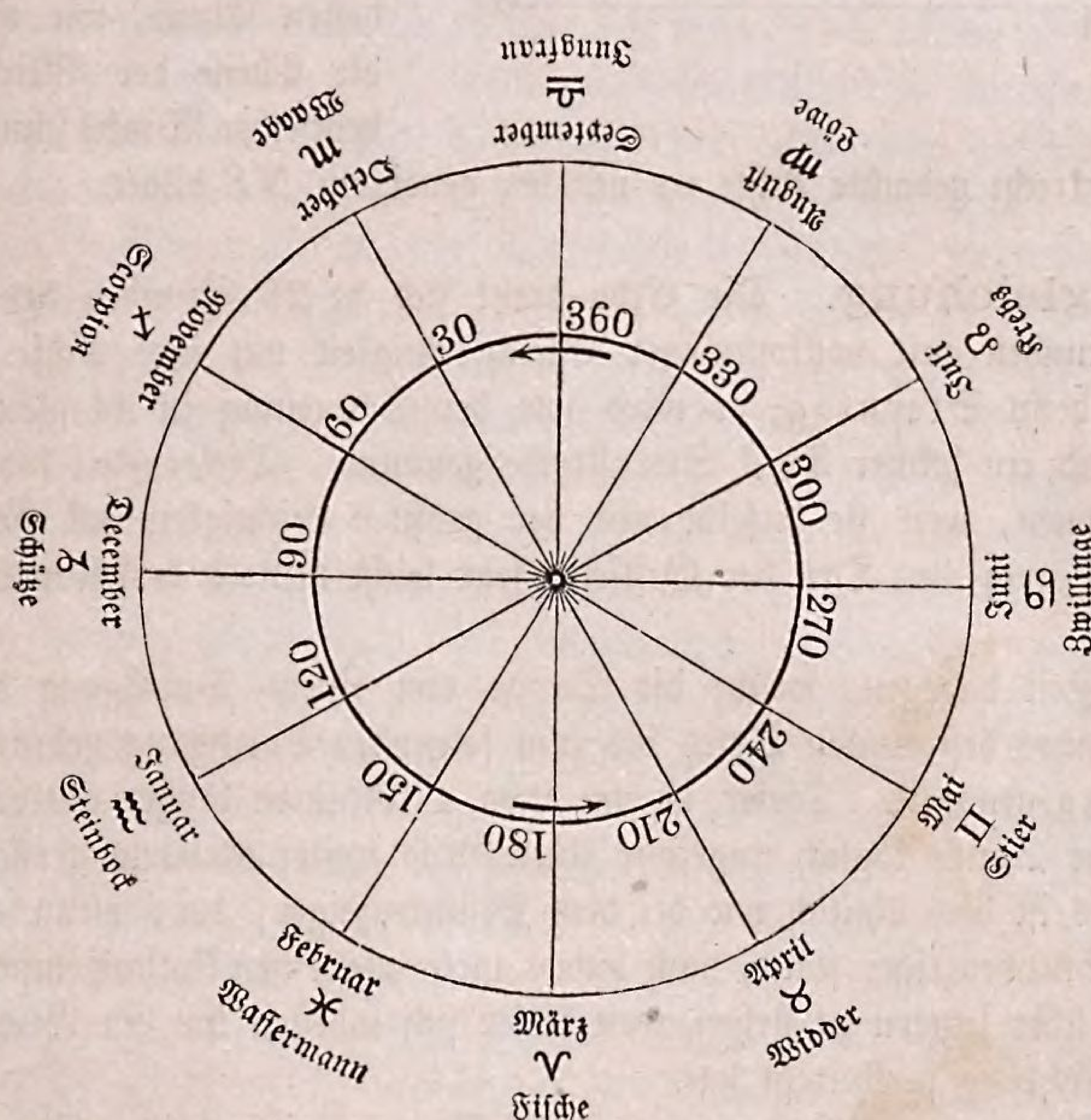
Wie bereits erwähnt wurde, schneidet die Ekliptik den Aequator in einem Winkel von $23^1/_2{}^0$ an zwei um 180^0 entfernten, also im Kreise einander gerade gegenüberliegenden Punkten. Es sind dieses die Punkte, die wir als Aequinoctialpunkte kennen lernten, und die Sonne steht zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche, also am 21. März, im Sternbild der Fische (folglich im Zeichen des Widders) und zur Herbstnachtgleiche, am 23. September, im Sternbilde der Jungfrau (im Zeichen der Waage).

62 Auch diese scheinbare Bewegung der Sonne müssen wir jetzt auf ihren wahren Grund zurückführen, nämlich auf die Bewegung der Erde.

Nehmen wir abermals ein die Sonne vorstellendes Licht zu Hülfe, das die Mitte eines kleinen runden Tisches einnimmt, um welchen, in möglichst großem Kreise, zwölf Stühle in gleichem Abstand von einander aufgestellt sind. An die Lehne eines jeden Stuhles wird in richtiger Reihenfolge ein Zeichen der Ekliptik angeschrieben. In Fig. 49 stellt der innere Kreis den Tisch vor, während der äußere von den Stühlen gebildet wird. Das Auge des Beobachters befinde sich,

in gleicher Höhe der Lichtflamme, an der Stelle des obern Pfeiles, wo wir uns die Erde am 21. März ihre Bewegung in der Richtung des Pfeiles beginnend denken. In diesem Augenblicke erscheint dem Auge die Sonne im Zeichen des Widders. Rücken wir am Umfange des Tisches, der in zwölf gleiche Theile ge-

Fig. 49.



theilt ist, um einen solchen Theil weiter, so sehen wir die Sonne in das Zeichen des Stiers eingetreten, es kommt uns vor, als habe dieselbe einen Bogen von 30° zurückgelegt in einer der unserigen gerade entgegengesetzten Richtung. So verfolgen wir unsere Bahn um die Sonne und lassen sie nach und nach aus einem Zeichen ins andere treten, bis sie abermals in dem des Widders erscheint, und das Jahr vollendet ist.

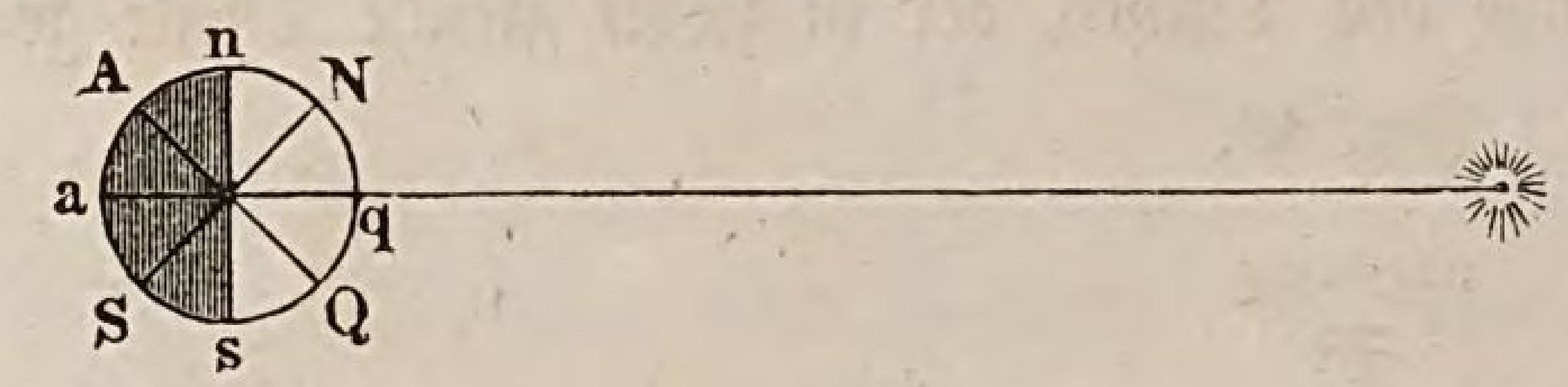
Bevor man von dieser Bewegung der Erde um die Sonne überzeugt war, dachte man sich die Erde im Mittelpunkte der Sonnenbahn, also an der Stelle der Sonne, Fig. 49. Die Erscheinungen sind in der That ganz dieselben, wenn wir uns selbst in die Mitte des Tisches versetzen und nun ein Licht als Sonne, am untern Pfeile beginnend, um den Tisch herumspazieren lassen. Wir sehen alsdann das Licht durch alle Sternzeichen hindurchgehen.

Daß die Ekliptik den Aequator in einem Winkel von $23^1/_2{}^0$ schneidet, ist lediglich eine Folge der Neigung der Erdachse gegen die Erdbahn.

In Fig. 50 (a. f. S.) sehen wir die Erde mit dem Nordpol N der Sonne zugewendet, wie dies am 21. Juni der Fall ist; dabei erinnern wir, daß die Achsenstellung immer sich selbst parallel bleibt. Wäre die Erdachse wie ns

senkrecht zur Ebene der Bahn, also senkrecht zu *aq*, so würde die Ekliptik mit der Ebene des Aequators *aq* zusammenfallen. Die wirkliche Stellung der Achse ist jedoch eine gegen die Bahnebene geneigte, wie *NS*, in welchem Falle *AQ* der Aequator ist, dessen Ebene, wie man sieht, die Ebene der Ekliptik unter demselben Winkel schneidet, welchen die senkrecht gedachte Achse *ns* mit der geneigten *NS* bildet.

Fig. 50.



63 **Zeitgleichung.** Die Erde dreht sich in 23 Stunden 56 Minuten und 4 Secunden mit vollkommener Gleichförmigkeit um ihre Achse. Dieser Zeitraum heißt Sterntag; er wird wie der Sonnentag in 24 gleiche Theile getheilt, und ein solcher Theil Sternstunde genannt. Dieser Zeit bedienen sich die Astronomen, weil sie dieselbe mit der größten Leichtigkeit und Genauigkeit prüfen und auch den Ort der Gestirne sehr leicht mittels derselben bestimmen können.

Die Zeit dagegen, welche die Sonne von einem Durchgang durch den Meridian eines bestimmten Ortes bis zum folgenden Durchgang gebraucht, wird Sonnentag genannt. Dieser ist um etwa 4 Minuten länger als der Sterntag, weil die Sonne täglich ungefähr einen Grad weiter ostwärts gerückt zu sein scheint. Es ist dies ähnlich wie bei dem Minutenzeiger, der, wenn er gerade über dem Stundenzeiger stand, auch etwas mehr als einen Umlauf machen muß, um wieder über letztern zu stehen, weil dieser sich indessen um ein Gewisses nach derselben Richtung fortbewegt hat.

Der Sonnentag wird von jeher in 24 Stunden eingetheilt. Eine gut construirte und richtig aufgestellte Sonnenuhr zeigt diese Stunden immer richtig an. Wir sehen in Fig. 51 eine Sonnenuhr mit verticalem und in Fig. 52 eine mit horizontalem Zifferblatt. Bei ersterer hat der schattenwerfende Stab die

Fig. 51.

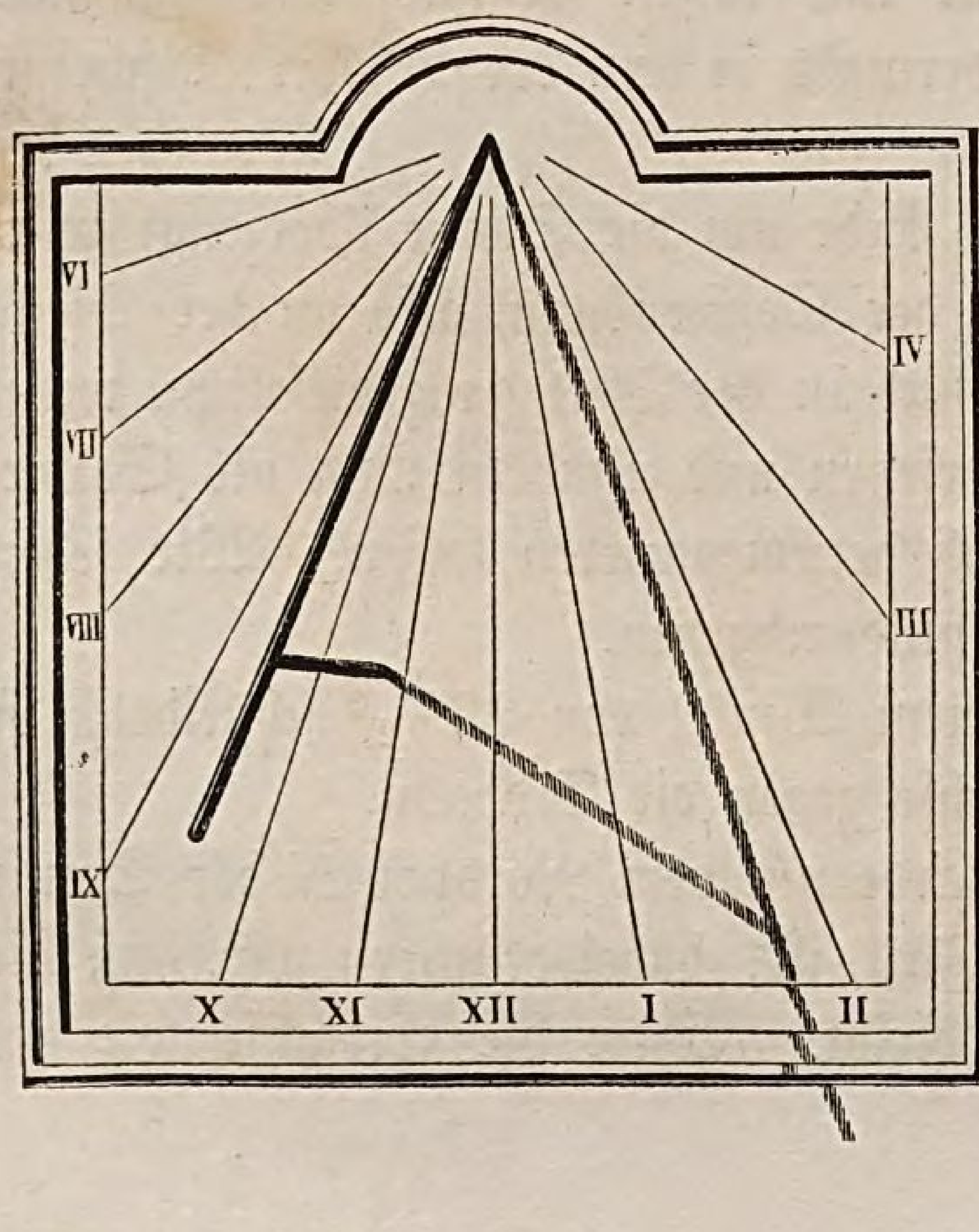
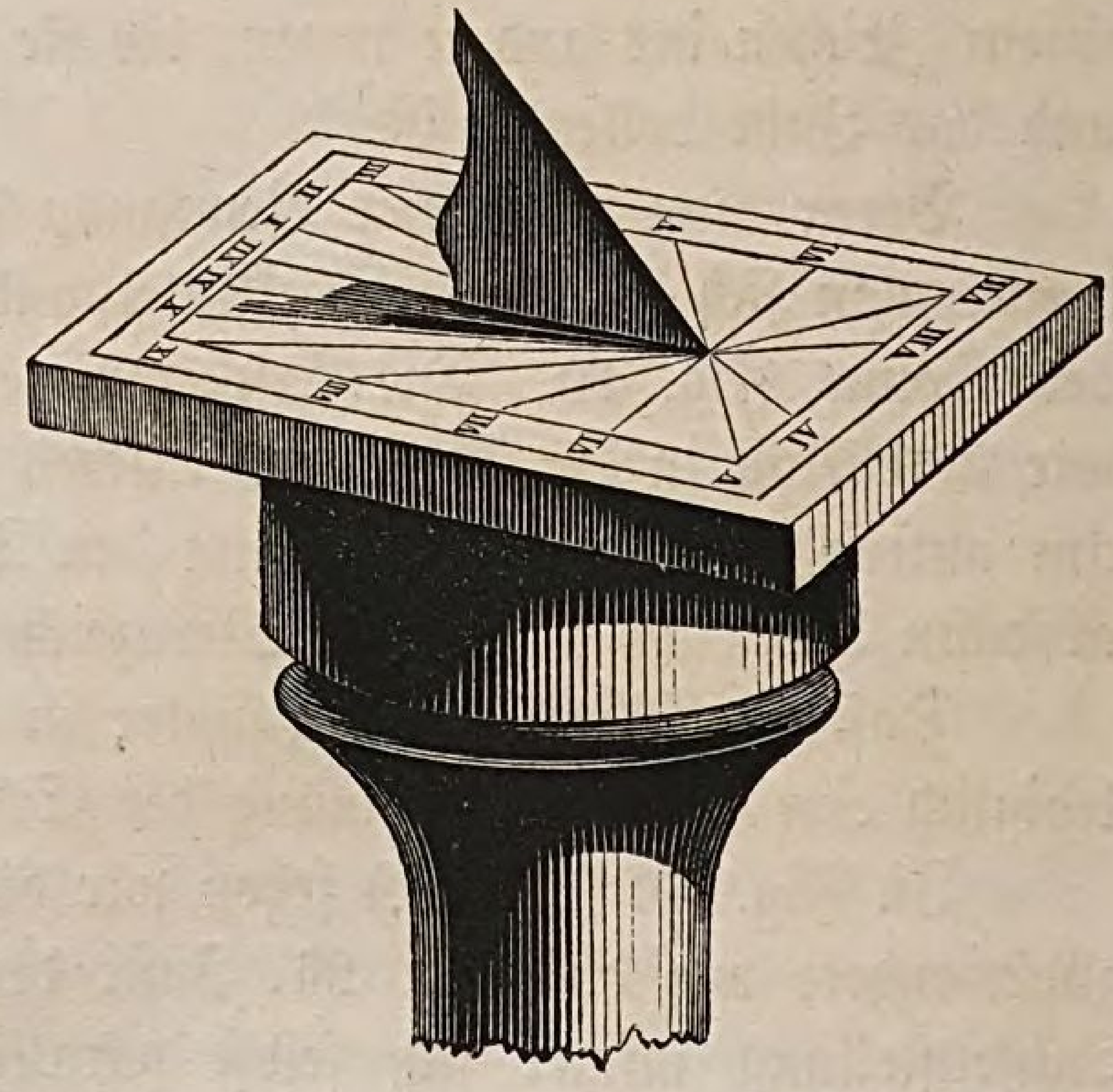


Fig. 52.



Richtung der Weltachse; bei letzterer hat die geradlinige Kante der senkrecht aufgestellten Metallplatten diese Richtung.

Nun sind aber die Sonnentage nicht von gleicher Dauer, weil letztere, wie wir gesehen, von der ungleichförmigen Bewegung der Erde in ihrer elliptischen Bahn, welche nämlich die scheinbare Bewegung der Sonne zur Folge hat, abhängt, und weil außerdem die Sonne sich nicht in der Ebene des Erdäquators, sondern in der dazu um $23\frac{1}{2}$ Grad geneigten Ekliptik zu bewegen scheint.

Weil nun aber eine gute Räderuhr einen vollkommen gleichförmigen Gang haben soll, so kann dieselbe die ungleichförmige Sonnenzeit nicht anzeigen. Man hat daher die sogenannte mittlere Sonnenzeit eingeführt. Man denkt sich nämlich neben der wahren Sonne eine andere, welche sich in der Ebene des Aequators mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortbewegt und mit der wirklichen Sonne immer zugleich durch den Frühlingsnachtgleichepunkt geht.

Die gedachte Sonne ist nun der wahren bald voraus, bald folgt sie ihr nach, und mehrere Male gehen beide zugleich durch den Meridian. Eine Uhr, welche immer 12 Uhr zeigt, wenn die gedachte Sonne durch den Meridian geht, zeigt die mittlere Sonnenzeit, so genannt zum Unterschiede von der wahren, welche durch die Sonnenuhr angezeigt wird. Die Differenz zwischen der mittleren und wahren Sonnenzeit wird **Zeitgleichung** genannt. Die folgende Tabelle zeigt dieselbe für die verschiedenen Monate bis auf die Minute genau an. Wollte man seine Uhr nach der Sonnenuhr reguliren, so müßte man zu der Zeit, welche letztere zeigt, noch so viele Minuten hinzufügen oder davon hinwegnehmen, als die Tabelle angiebt.

Zeigt z. B. die Sonnenuhr am 26. März 10 Uhr 17 Minuten, so muß die Räderuhr 10 Uhr 17 Minuten + 6 Minuten oder 10 Uhr 23 Minuten zeigen. Ebenso am 7. September: zeigt die Sonnenuhr 8 Uhr 55 Minuten, dann muß die Räderuhr 8 Uhr 55 Minuten — 2 Minuten oder 8 Uhr 53 Minuten zeigen.

Ein Blick auf die Tabelle sagt uns, daß vier Mal im Jahre, nämlich am 15. April, 15. Juni, 1. September und 25. December beide Zeiten übereinstimmen, daß also die Räderuhr dieselbe Zeit zeigt, wie die Sonnenuhr. Ferner sehen wir, daß in den Monaten Februar und November die stärksten Unterschiede Statt finden. Am 13. Februar ist die mittlere Zeit der wahren um fast 15 Minuten voraus; am 3. November dagegen hat diese die erstere um 16 Minuten überflügelt. Dieser Umstand erklärt uns auch sogleich die ungleiche Länge der Vor- und Nachmittage, die in den Monaten Februar, October und November besonders auffallend erscheint. Der wahre Mittag, oder der Moment, wann die Sonnenuhr gerade auf 12 weiset, fällt nämlich immer in die Mitte zwischen Sonnen-Auf- und Untergang. Nach der Tabelle tritt am 13. Februar der mittlere Mittag, oder der Moment, wann der Zeiger der Räderuhr auf 12 steht, eine Viertelstunde früher, als der wahre Mittag ein; daher ist der Vormittag eine Viertelstunde verkürzt, der Nachmittag um eben so viel verlängert, letzterer daher eine halbe Stunde länger als jener. Entsprechend findet man, daß am 3. November der Nachmittag um 32 Minuten kürzer ist als der Vormittag.

Zeitgleichung.

Januar.	Min.
1	+ 4
4	+ 5
6	+ 6
8	+ 7
11	+ 8
13	+ 9
16	+10
19	+11
23	+12
27	+13
Februar.	
2	+14
13	+14½
20	+14
27	+13
März.	
4	+12
8	+11
12	+10
16	+ 9
19	+ 8
23	+ 7
26	+ 6
29	+ 5

April.	Min.
1	+ 4
5	+ 3
8	+ 2
12	+ 1
15	0
20	— 1
25	— 2
Mai.	
11	— 3
15	— 4
29	— 3
Juni.	
5	— 2
10	— 1
15	0
20	+ 1
24	+ 2
29	+ 3
Juli.	
4	+ 4
11	+ 5
20	+ 6

August.	Min.
2	+ 6
11	+ 5
17	+ 4
21	+ 3
25	+ 2
29	+ 1
Septbr.	
1	0
4	— 1
7	— 2
10	— 3
13	— 4
16	— 5
19	— 6
22	— 7
25	— 8
27	— 9
30	—10
October.	
4	—11
7	—12
11	—13
15	—14
20	—15
28	—16

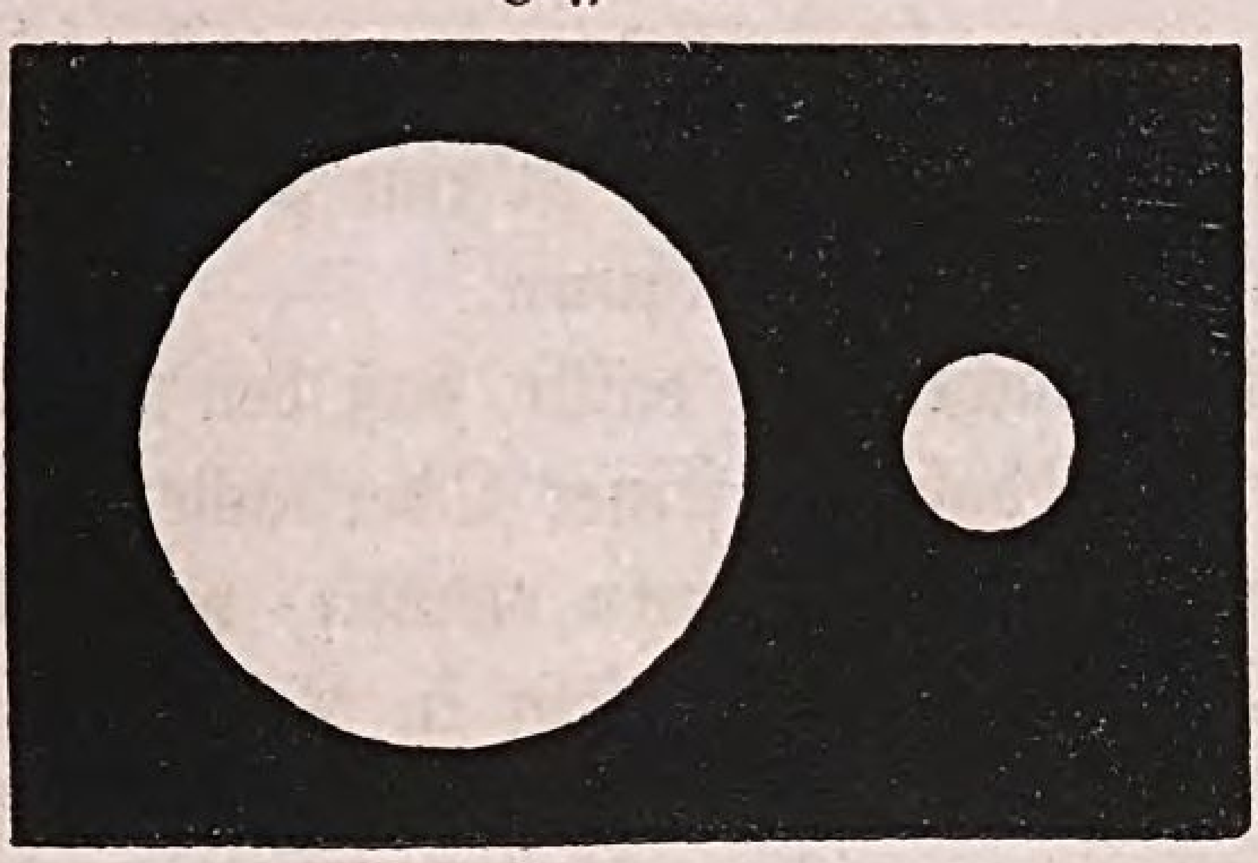
Novbr.	Min.
3	—16¼
9	—16
17	—15
21	—14
25	—13
28	—12
December.	
1	—11
3	—10
6	— 9
8	— 8
10	— 7
12	— 6
15	— 5
17	— 4
19	— 3
21	— 2
23	— 1
25	0
27	+ 1
29	+ 2
31	+ 3

64 **Erde und Mond.** Ein ähnliches Herrscherverhältniß wie das, in welchem die Sonne zur Erde steht, übt diese gegen den Mond aus, den sie mit dem unsichtbaren Bande der Anziehung gefesselt hält, so daß er als Trabant ihr folgen und sie umkreisend den Weg um die Sonne mit ihr zurücklegen muß.

Vergleichen wir beide Himmelskörper mit einander, so sehen wir, daß der Durchmesser des Mondes = 468 Meilen, also 3,67mal kleiner ist als der Durchmesser der Erde. An Oberfläche übertrifft die Erde den Mond um das 14fache, und an körperlichem Inhalt um das 50fache. Zur Veranschaulichung betrachten wir Fig. 53, welche Erde und Mond in den richtigen Größenverhältnissen darstellt. Einem Auge im Monde müßte demnach die Erde 3,67mal größer erscheinen, als uns der Mond sich darstellt, dessen scheinbarer Durchmesser 31′ 16″ ist.

Die Entfernung des Mondes vom Mittelpunkte der Erde ist gleich 51480 Meilen oder 60 Erdhalbmesser, eine im Vergleich mit dem Sonnenabstande und den Entfernungen der Fixsterne außerordentlich unbedeutend erscheinende Größe.

Fig. 53.



In der That ist der Mond der uns nächste aller Himmelskörper und nur diesem Umstande verdankt er es, daß er uns größer vorkommt als alle Sterne, ja daß er uns ziemlich in demselben Umfange erscheint wie die Sonne.

Zugleich aber gestattet uns diese Nähe wichtige Blicke auf die Oberfläche dieses Weltkörpers, der durch mächtige Fernröhre um das 500fache vergrößert oder näher gerückt, einen ebenso überraschenden als prachtvollen Anblick gewährt. Denn wenn wir schon mit bloßem Auge am Monde allerlei Flecken und Gruppen sehen, aus welchen Phantasie und Sage bald einen Mann, bald eine andere Gestalt sich bildete, so stellen diese dem bewaffneten Auge in viel bestimmterer Weise sich dar, so daß über die Beschaffenheit der Mondoberfläche ziemlich festbegründete Ansichten bestehen.

Während beim Halbmond der in vollem Sonnenlichte befindliche Rand gleichförmig erleuchtet und daher scharf abgerundet erscheint, ist der entgegengesetzte Rand wie ausgezackt und zerrissen. Am deutlichsten sieht man dieses, wenn der Mond zur Zeit, wo er noch sichelförmig ist, durch das Fernrohr betrachtet wird, wie dieses in Fig. 54 dargestellt ist. Daß einzelne helle Punkte im Monde nichts Anderes als Berge sind, ist ganz unzweifelhaft dadurch, daß man hinter denselben einen stets von der Sonne abgekehrten Schatten wahrnimmt, der kürzer wird, je mehr der Mond in die volle Beleuchtung einrückt. Durch die Messung solcher Schatten hat man gefunden, daß viele jener Mondberge ebenso hoch sind, als die höchsten Bergspitzen der Erde. Sehr häufig sind im Monde sogenannte Ringgebirge, wo ein kreisförmig geschlossener Wall entweder eine größere Ebene oder eine mitunter sehr beträchtliche Vertiefung, den Krater, einschließt, aus welchem letztern mitunter wieder eine kegelförmige Spitze in der Mitte sich erhebt, die alsdann Centralberg genannt wird. Außerdem findet man jedoch noch allerlei Gruppen von Bergen und nach verschiedenen Richtungen sich kreuzenden

Fig. 54.



Bergketten, so daß die ganze Mondoberfläche ein überaus gebirgiges Ansehen gewinnt, wie dies schon durch ein mittelmäßiges Fernrohr ziemlich deutlich erkennbar ist.

Vergleicht man jene Gebirgsformen mit denen der Erde und den Vorstellungen, die wir über die Entstehung der letzteren haben, so ist eine vulkanische Entstehung der Mondgebirge so gut als gewiß anzunehmen.

Ebenso sprechen die allerbestimmtesten Beobachtungen dafür, daß den Mond keine Atmosphäre umgiebt ähnlich der unserigen, daß auf seiner Oberfläche keine größere Wassermassen, gleich unseren Meeren, wahrgenommen werden, wodurch das Vorhandensein von Wasser auf dem Monde überhaupt sehr in Zweifel gestellt ist. Die ganze physische Beschaffenheit der Mondoberfläche muß demnach so verschieden von unserer Erde sein, daß Wesen von der Organisation des Erdmenschen dort unmöglich würden existiren können.

Lächerlich erscheinen jedoch bei näherer Prüfung die Behauptungen, daß Gebäude oder andere künstliche Gegenstände, ja selbst belebte Wesen, sogenannte Mondbewohner, auf dem Monde sichtbar geworden seien, denn selbst wenn wir im Stande wären, ein tausendfach vergrößerndes Fernrohr anzuwenden, so würde uns doch der Mond nicht anders vorkommen, als ob wir ihn mit bloßem Auge in einer Entfernung von 50 Meilen betrachteten, und ich frage, wer wird da noch Gegenstände, wie ein Haus, einen Menschen oder dergleichen erkennen wollen?

Es ist begreiflich, daß die Menschen ihrem nächsten Himmelsnachbar, dem Monde, ein ganz besonderes Interesse zuwenden, weshalb wir auch am Schlusse des astronomischen Theiles eine Mondkarte beigefügt haben. Die mit Buchstaben bezeichneten größeren dunkleren Flächen waren in früherer Zeit für große Meere gehalten und demgemäß benannt worden, wie Mare nubium, *a* (Meer der Nebel); M. humorum, *b*; M. imbrium, *c*; M. serenitatis, *d*; M. tranquillum, *e*; M. crisium, *f*; M. foecunditatis, *g*; M. nectaris, *h*. Die Mondberge, welche auf der Karte mit Ziffern bezeichnet sind, haben die Namen berühmter Astronomen und Naturforscher erhalten; wir führen einige der ausgezeichnetsten an, nämlich: 1. Archimedes, 2. Plato, 3. Copernicus, 4. Kepler, 5. Gassendi, 6. Tycho, 7. Arzach, 8. Purbach, 9. Regiomontan, 10. Ptolemäus, 11. Apian, 12. Frascator, 13. Plinius, 14. Manilius, 15. Galiläi, 16. Grimaldi, 17. Aristarch, 18. Autolicus, 19. Aristippus, 20. Eratosthenes, 21. Aristoteles.

65 Die Bahn des Mondes ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Erde sich befindet, und deren Excentricität größer ist als die der Erdbahn, so daß ihre Gestalt mehr von der Form des Kreises abweicht.

Der Mond ist daher nicht immer gleichweit von der Erde entfernt, sondern er hat seine Erdnähe, seine Erdferne und eine mittlere Entfernung, ganz ähnlich wie dies im Verhältniß der Erde zur Sonne §. 55 beschrieben wurde. Daher ändert sich auch seine scheinbare Größe, indem sein größter scheinbarer Durchmesser 31′ 16″, der kleinste 29′ 12″ und der mittlere 30′ 14″ ist, je nach seinem Abstande von der Erde. Auch ist die Geschwindigkeit des Mondes um so größer, je näher er sich bei der Erde befindet.

Da aber der Mond sich gleichzeitig mit der Erde um die Sonne bewegt, so ist seine Bewegung eine sehr zusammengesetzte, die, in Form einer Schraubenlinie um die Erdbahn gehend, der Berechnung und Bestimmung außerordentliche Schwierigkeiten darbietet.

Diese fallen jedoch hinweg, wenn wir zunächst nur das Verhältniß des Mondes zur Erde unserer Betrachtung unterwerfen, wo wir die Erde im Mittelpunkte des Kreises annehmen, welchen der Mond beschreibt.

Der von dem Monde am Himmel zurückgelegte Weg ist zwar innerhalb des Thierkreises, fällt jedoch nicht genau mit der scheinbaren Sonnenbahn, Ekliptik, zusammen, sondern schneidet diese in einem Winkel von etwas mehr als 5° an zwei einander gegenüberliegenden Punkten, welche die Knoten der Mondbahn heißen. Die eine Hälfte ist daher südlich, die andere nördlich von der Ekliptik.

Beobachtet man die Stellung des Mondes zu einem bekannten Gestirne und wiederholt man dieses am folgenden Abende, so findet man den Mond um etwas mehr als 13° von West nach Ost von dem Gestirne abgerückt. Da nun der ganze Kreis seiner Bahn 360° hat, so ergiebt sich bei genauerer Berechnung, daß diese vom Monde in 27 Tagen 7 Stunden, 43′ 12″, zurückgelegt wird, nach welcher Zeit wir ihn wieder zu demselben Sterne zurückgekehrt erblicken. Man nennt diese Zeit den siderischen oder periodischen Monat.

Während dieses Umlaufs dreht sich jedoch der Mond einmal um seine eigene Achse, die fast senkrecht auf der Ekliptik steht, so daß der Aequator des Mondes nahezu mit dieser zusammenfällt, woraus für den Mond in Beziehung auf die Sonne diejenigen Erscheinungen stattfinden, die nach §. 58 für die Erde eintreten würden, wenn ihre Achse senkrecht zur Ekliptik wäre.

Eine Folge dieser langsamen Achsendrehung des Mondes ist, daß die eine Hälfte desselben nahezu 15 Tage von der Sonne beschienen wird, während die andere Hälfte ebenso lange dieses Licht entbehrt, dafür aber von dem zurückgeworfenen Lichte der Erde erhellt wird.

Unserer Erde selbst wendet der Mond stets nur eine und dieselbe Hälfte zu, was ebenfalls auf seiner mit der Umlaufszeit zusammenfallenden Achsendrehung beruht. Es befinde sich ein Licht auf einem runden Tische und ich gehe nun, mein Gesicht stets dem Lichte zugewendet, um den Tisch herum, so habe ich, nachdem dies geschehen ist, nicht nur meinen Weg um den Tisch vollendet, sondern ich habe mich gleichzeitig auch um mich selbst gedreht.

Sonne, Mond und Erde.

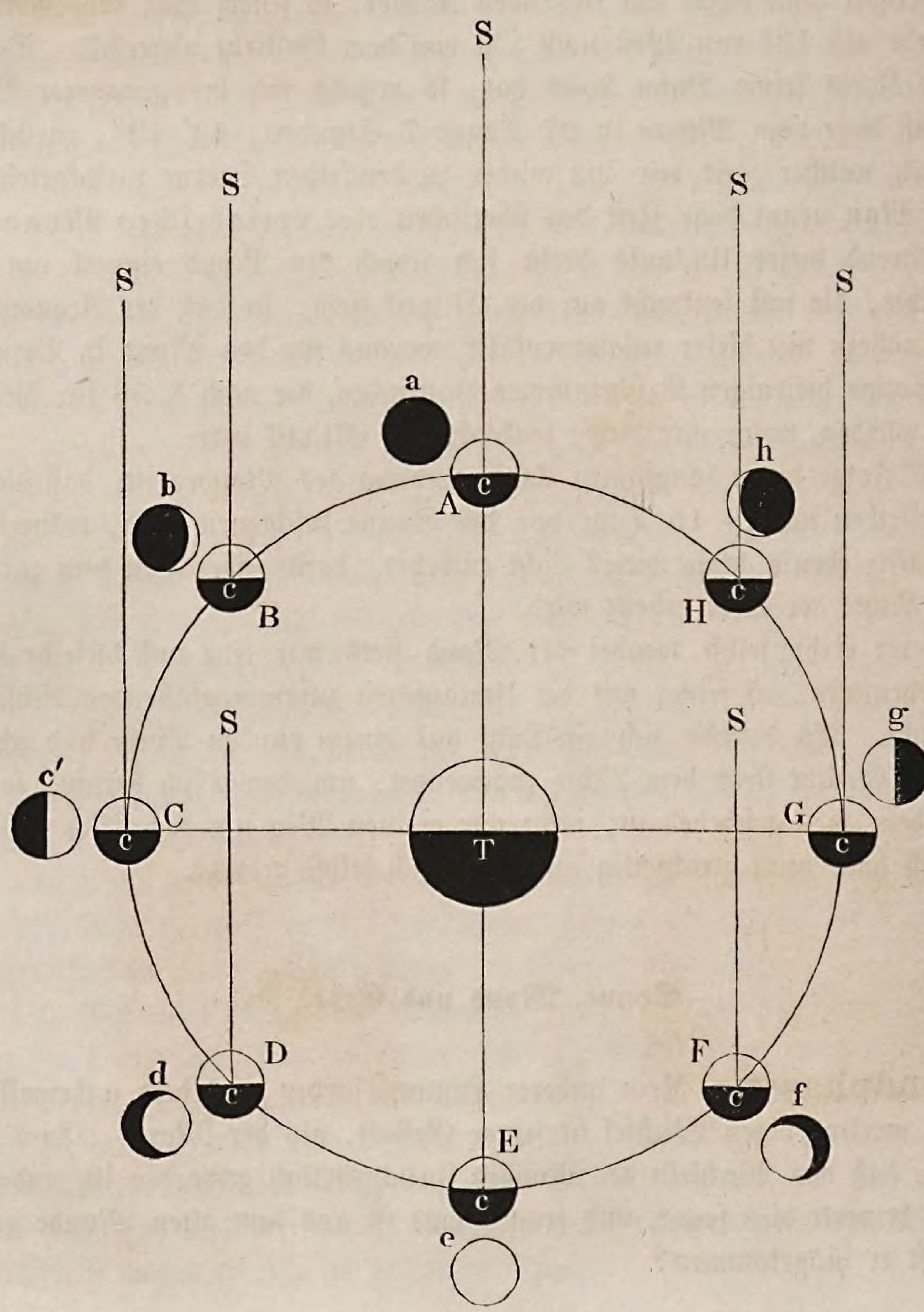
Mondphasen. Kein anderer Himmelskörper zeigt dem unbewaffneten 66
Auge den merkwürdigen Wechsel in seiner Gestalt, als der Mond. Dies ist so auffallend, daß das Wechseln des Mondes sprüchwörtlich geworden ist, und selbst das Kind bemerkt dies sogar, und fragt: was ist aus dem alten Monde geworden, wo ist er hingekommen?

Da der Mond an und für sich ein dunkler Körper ist und alles von ihm verbreitete Licht nur das zurückgeworfene Licht ist, welches die Sonne ihm zusendet, so müssen wir zu Erklärungen jener wechselnden Erscheinungen die Sonne zu Hülfe nehmen; denn diese verschiedenen Gestalten des Mondes, die sogenannten **Mondphasen**, sind eine Folge der stets sich ändernden gegenseitigen Stellung von Sonne, Erde und Mond.

Zuerst sei bemerkt, daß bei der großen Entfernung der Erde und des Mondes von der Sonne und bei der bedeutenden Größe der letzteren alle von der Sonne ausgehenden Lichtstrahlen unter sich in paralleler Richtung auf Erde und Mond treffen, gleichgültig, an welchem Punkte ihrer Bahnen dieselben sich auch befinden mögen.

Es sei daher *T*, Fig. 55, die Erde, und *cc* .... der Mond in verschiedenen Stellungen seiner Bahn, so sind *SS* .... unter einander parallele,

Fig. 55.



von der in großer Entfernung befindlichen Sonne herkommende Lichtstrahlen. Offenbar müssen die diesen Strahlen zugekehrten Seiten der Erde sowohl als des Mondes vollkommen erleuchtet sein, und dem in der Sonne befindlichen Auge würden Erde und Mond daher immer als glänzende vollkommene Scheiben erscheinen. Die dem Sonnenlicht abgewendete Seite ist natürlich dunkel.

Stehen Sonne, Mond und Erde in einer Linie, und zwar in der genannten Reihenfolge, so daß also der Mond zwischen Sonne und Erde steht, wie *SAT*, Fig. 56, so nennt man dies die Conjunction, während man als Opposition diejenige Stellung bezeichnet, wenn die Erde sich zwischen Sonne und Mond befindet, wie *STE*. Die beiden Stellungen *C* und *G* des Mondes nennt man seine Quadraturen. Auf der Erde selbst sieht man vom Monde nur die ihr zugewendete Hälfte desselben, also denjenigen Theil, der auf unserer Abbildung durch den Kreis der Mondbahn abgeschnitten erscheint. Während daher *ABCDEFGH* den Mond von der Sonne aus gesehen vorstellen, geben die nebenstehenden Figuren *a b c′ d e f g h* die Gestalten des Mondes, wie sie an diesen Orten dem auf der Erde befindlichen Auge erscheinen.

In der Conjunction (bei *A*) ist den Erdbewohnern die dunkle Mondscheibe zugewendet, wir haben alsdann, wie man sagt, Neumond oder Neulicht. Der Mond ist für uns während dieser Zeit kaum sichtbar als ein blasser, aschgraufarbiger Körper, der dieses schwache Licht von der Erde empfängt. Nach einigen Tagen erscheint er uns jedoch bei *B* als eine der Sonne abgewendete glänzende Sichel (*b*), die in der Quadratur *C* zum ersten Mondviertel (*c′*) angewachsen ist, das sich halbmondförmig darstellt. So gelangt der Mond mit stets zunehmendem Licht zur Opposition, wo er uns gänzlich erleuchtet als Vollmond erscheint, und von wo er in entgegengesetzter Ordnung dieselben Formen wieder annimmt, bis er wieder zur Conjunction zurückkehrt.

Wie man Fig. 55 bei *b* und *h*, mehr ins Auge fallend an Fig. 56 und Fig. 57 sieht, bildet der Mond bei wachsendem Licht ein D und bei abnehmendem ein C, woher es kommt, daß derselbe ein Lügner genannt worden ist. Das lateinische Wort Decrescit heißt nämlich „er nimmt ab“, und doch ist der Mond im Zunehmen, wenn er uns wie ein D erscheint. Dagegen heißt Crescit „er wächst“, während gerade der Mond abnimmt, wenn er ein C bildet. Hier-

Fig. 56.

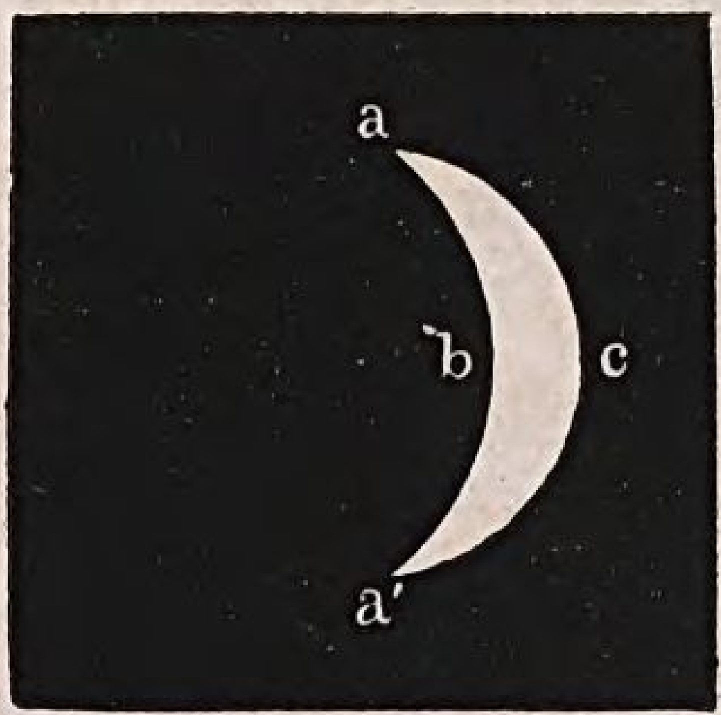
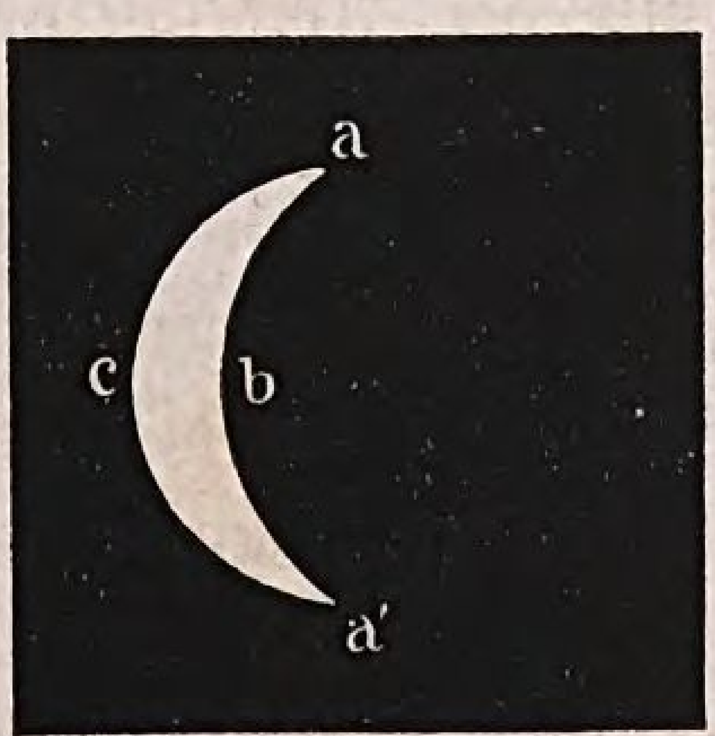


Fig. 57.



nach kann, sobald man den Mond sieht, leicht bestimmt werden, ob derselbe im Zunehmen oder Abnehmen begriffen ist.

Nützlich ist es, auch die verschiedenen Mondphasen sich zur Anschauung zu

bringen, indem man in der Mitte eines Tisches eine größere Kugel als Erde aufstellt, um welche eine kleinere den Mond vorstellende in angemessener Entfernung herumgeführt werden kann. In geeignetem Abstand von beiden befindet sich eine die Sonne vertretende Lampe in gleicher Höhe mit den Kugeln. Der Mondkugel giebt man zu diesem Versuche eine weiße Farbe, um die Schattengränze schärfer zu machen, und indem man sie von der Stelle der größern Kugel aus an den verschiedenen Orten ihrer Bahn betrachtet, lassen sich an ihr aufs Deutlichste alle Mondphasen zeigen. Wenn in der Nähe der Conjunction der Mond nur eine schmale Sichel bildet, wie bei *b* und *h*, Fig. 55, so ist der Rest der Mondscheibe nicht völlig dunkel, sondern man sieht ihn durch einen schwachen aschfarbigen Schimmer erhellt, wie etwa bei Fig. 58. Es rührt dies keineswegs von einem dem Monde eigenen Lichte, sondern daher, daß zur Zeit des **Neumondes** die ganze von der Sonne erleuchtete Erdhälfte gerade dem Monde zugekehrt ist (vergl. Fig. 55). Die Nacht auf dem Monde ist zu dieser Zeit durch den vollen Erdschein erleuchtet.

Fig. 58.



67 Da der Mond täglich das bedeutende Stück von 13° am Himmel von West nach Ost fortschreitet, so ist es natürlich, daß er an jedem folgenden Tage fast eine Stunde später aufgeht, was bekanntlich bei den Fixsternen nicht der Fall ist, da sie, unbeweglich am Himmel stehend, täglich in derselben Minute auf- und untergehen. Das Aufgehen des Mondes läßt sich jedoch genau berechnen, und da es in vielen Fällen von Vortheil ist, zu wissen, ob und zu welcher Zeit auf Mondschein zu rechnen ist, so findet man sowohl die Mondphasen als auch den Auf- und Untergang desselben in den Kalendern angegeben.

68 **Der Kalender.** Die regelmäßige Bewegung der Gestirne bietet das bequemste und sicherste Mittel, die Zeiträume in größere und kleinere Abschnitte einzutheilen. Doch kommen dabei nur Sonne und Mond in Betracht, als diejenigen Gestirne, welche auf das Leben und die Beschäftigungen des Menschen von Einfluß sind. Der sich immer gleich bleibende Umschwung der Erde um ihre Achse mit der Abwechselung von Tag und Nacht ergiebt sich dabei von selbst als der erste, kleinere Zeitabschnitt; der $365\frac{1}{4}$ Tage währende Lauf der Erde um die Sonne mit der Abwechslung der Jahreszeiten als größerer Abschnitt.

Die Unterabtheilungen des Jahres in Monate und die der Monate in Wochen gründen sich auf die Bewegungen und Lichtgestalten des Mondes. Denn die Zeit zwischen zwei auf einander folgenden Conjunctionen des Mondes mit der Sonne, oder von Neumond zu Neumond (vergl. Fig. 55) beträgt beiläufig $29\frac{1}{2}$ Tage, und zwischen je zwei auf einander folgenden Vierteln liegen etwa $7\frac{2}{5}$ Tage. Allein der Umstand, daß diese Perioden nicht in ganzen Tagen aufgehen, hat zur Folge, daß es nicht möglich ist, das Jahr nach dem Mondlauf in gleiche Abschnitte einzutheilen. So z. B. dauern 12 Mondumlaufe

$29^1/_2$ mal 12, oder 354 Tage, es fehlen daher noch über 11 Tage zu einem vollständigen Jahre. Will man aber dieses letztere in 12 gleiche Theile eintheilen, so würden auf jeden etwa $30^1/_2$ Tage kommen. Um diese Brüche zu vermeiden, hat man daher die Dauer der Monate abwechselnd zu 30 und zu 31 Tagen bestimmt. Damit in gleicher Weise das Jahr immer aus einer ganzen Anzahl von Tagen bestehe, schaltete man nach dem jedesmaligen Verlauf von drei gemeinen Jahren, die 365 Tage haben, ein Jahr ein, welches 366 Tage hatte und daher Schaltjahr genannt wurde. Während der Februar des gemeinen Jahres nur 28 Tage hat, zählt derselbe Monat in einem Schaltjahre 29 Tage.

Diese Zeiteintheilung stammt aus dem Alterthum; sie wurde von Julius Cäsar im Jahre 54 v. Chr. Geb. eingeführt und heißt deshalb auch der Julianische Kalender.

Nun ist aber die jenem Kalender zu Grunde liegende Voraussetzung, daß das Jahr gerade $365^1/_4$ Tage enthält, nicht ganz richtig; denn nach den späteren genaueren astronomischen Untersuchungen beträgt dieser Zeitraum 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten und 46 Secunden — also ist obige Annahme um 11 Minuten und 14 Secunden zu groß. Durch einfache Rechnung findet man, daß dieser Ueberschuß sich nach 128 Jahren zu 24 Stunden oder zu einem Tage anhäuft. Es trat dadurch im Verlauf von Jahrhunderten eine Unrichtigkeit in der Zeitrechnung ein, so zwar, daß bereits im Jahre 1582 die Nachtgleiche auf den 11. März anstatt auf den 21. März fiel, also 10 Tage zu früh. Nun sind aber vom Jahre 45 v. Chr. bis 1582 n. Chr. 1626 Jahre verflossen; diese durch 128 dividirt, giebt beinahe 13 Tage, woraus hervorgeht, daß man mittler Weile die von Julius Cäsar verordnete Eintheilung nicht genau befolgt hatte.

Um allen Uebelständen auch für künftige Zeiten abzuhelfen, führte der Papst Gregor der XIII. im Jahre 1582 die Reform des Kalenders durch, nach welcher die jetzt übliche Jahreseintheilung als der Gregorianische Kalender bezeichnet wird. Es wurde dabei die Bedingung festgestellt, daß gemäß dem Beschlusse der im Jahre 325 in Nicäa gehaltenen Kirchenversammlung die Frühlingsnachtgleiche jederzeit auf den 21. März fallen, und daß Ostern am ersten Sonntage nach dem Vollmonde, der zunächst dem Frühlingsäquinoctium folgt, gefeiert werden sollte.

Um dies durchzuführen, wurde das Jahr 1582 um 10 Tage verkürzt, indem man vom damaligen 4. October sogleich auf den 15. Oct. zählte. Damit jedoch der frühere Fehler sich nicht wiederhole, wurde ferner verordnet, daß alle 400 Jahre drei Schalttage ausfallen sollten, was durch die Bestimmung erreicht wird, daß das erste Jahr eines jeden Jahrhunderts, das sogenannte Säcularjahr, welches nach dem Julianischen Kalender ein Schaltjahr ist, nur zu 365 Tagen gerechnet wird, wenn seine Jahreszahl nicht durch 400 theilbar ist. So bleiben also die Jahre 1600 und 2000 Schaltjahre; die Jahre 1700, 1800, 1900 aber, sowie 2100, 2200 und 2300 sind es nicht. Als einfache Regel merke man, daß diejenigen Jahre Schaltjahre sind, deren Jahreszahl sich durch 4 ohne Rest theilen läßt.

Der Gregorianische Kalender wurde sofort in allen katholischen Ländern eingeführt und seit dem achtzehnten Jahrhundert auch von den Protestanten angenommen. Nur in Rußland hat man den Julianischen Kalender beibehalten und ist deshalb gegenwärtig um 12 Tage gegen unsere Zeitrechnung zurück, so daß dort erst der Neujahrstag gefeiert wird, wenn wir bereits den 13. Januar zählen.

Als Folge der angeführten Bestimmungen über das Osterfest ist zu bemerken, daß dasselbe nie vor den 22. März und nie später als auf den 25. April fallen kann; und es sind dieses die Tage der Ostergränze. Eine Reihe anderer Festtage richtet sich nach dem Osterfest, wie namentlich nach 40 folgenden Tagen das Himmelfahrtsfest und nach 50 Tagen das Pfingstfest.

69 **Ebbe und Fluth.** Da die Anziehung zwischen verschiedenen Theilen der Materie stets eine gegenseitige ist, so wird nicht allein der Mond von der Erde, sondern diese auch von dem Monde angezogen. Für irgend einen Ort auf der Erdoberfläche wird die vom Monde geäußerte Anziehung am stärksten sich fühlbar machen, wenn dieser Ort dem Monde am nächsten sich befindet, was der Fall ist, wenn der Mond durch den Meridian des Ortes geht. Am stärksten äußert sich die Anziehung in der heißen Zone, weil der Mond jahraus jahrein senkrecht über diesem Theile der Erdoberfläche hinweggeht.

Auf den festen Theil unserer Erde äußert diese Anziehung einen nur mittelbar sichtbaren Einfluß, während dagegen das Wasser der Meere, welches bei weitem den größern Theil der Erdoberfläche bedeckt, vermöge seiner Beweglichkeit der Anziehung folgt, und eine Anschwellung an derjenigen Stelle der Erdoberfläche zeigt, die dem Monde am nächsten steht. Dies ist indeß kein eigentliches Emporsteigen, sondern die Erhöhung entsteht lediglich dadurch, daß die Wassertheilchen von allen Seiten herbeiströmen und sich solcherweise anhäufen.

Dieses Steigen des Meeres zu gewissen Zeiten wird die Fluth genannt, und aus oben angeführtem Grunde zeigt sie sich für die unter demselben Meridian liegenden Orte am stärksten in der Nähe des Aequators, und nimmt nach den Polen hin ab, so daß sie im hohen Norden kaum noch bemerkbar ist. Im offnen Weltmeer beträgt die Fluth nur wenige Fuß, an den Küsten und Buchten jedoch, wo das Wasser eingeschlossen ist und den andrängenden Wellen nicht ausweichen kann, erreicht es mitunter eine beträchtliche Höhe. So z. B. steigt die Fluth bei St. Malo an der Nordküste Frankreichs bis zu 50 Fuß Höhe und in der Fundy-Bai, an der Westküste von Nordamerika, selbst bis auf 80 Fuß.

Aber eine ähnliche Fluthwelle muß sich auf der entgegengesetzten Seite der Erdoberfläche bilden, da hier die Anziehung eine geringere ist, als auf dem Mittelpunkt des Erdkörpers. Die Wassertheilchen auf dieser Hälfte der Erde erhalten durch die Einwirkung des Mondes das Bestreben, sich an demjenigen Punkte anzuhäufen, der am weitesten vom Monde entfernt liegt. Beide fast gleich hohe Fluthgipfel rücken vom Orte ihres Entstehens in der Richtung von Osten gegen Westen in dem Maaße fort, als durch die in entgegengesetzter Richtung stattfindende Umdrehung der Erde der Mond nach und nach in die Meridiane der verschiedenen Orte gelangt.

Eine Folge hiervon ist, daß innerhalb 24 Stunden an einem und demselben Orte in Abständen von je 12 Stunden zweimal die Fluth stattfindet, und daß in derselben Zeit, wo z. B. bei uns dieselbe eintritt, auch bei unseren Gegenfüßlern das Meer sich erhebt.

Wenn aber das Meer gleichzeitig nach zwei entgegengesetzten Punkten der Erde hinströmt, um dort als Fluth sich zu erheben, so muß natürlich in dem zwischen jenen Punkten liegenden Theile das Wasser sich senken oder Ebbe eintreten, die gerade in dem die Erde umgebenden Streifen, der in der Mitte zwischen beiden Fluthen liegt, am größten sein muß. Alle in dieser Zone liegenden Orte haben gleichzeitig Ebbe und es bildet diese gleichsam einen die Erde in zwei Hälften theilenden Furchenkreis in den Gewässern, welcher rechtwinklig zu einer geraden Linie steht, welche die beiden Fluthgipfel verbinden würde.

So sieht man denn an Meeresküsten täglich während sechs Stunden das Wasser dem Lande zuströmen, die flachen Ufer bedecken, in die Mündungen der Flüsse meilenweit hinaufsteigen, an den steilen Ufern schäumend sich brechen, als wollten sie Alles verschlingen und begraben, bis dann der höchste Punkt erreicht ist, wo ein 15 Minuten langer Stillstand eintritt, von dem an das Meer, wie beschämt über den vergeblichen Angriff, zurückweicht, um nach abermals sechs Stunden aufs Neue sich zu erheben.

Es giebt kein erhabeneres und in geheimnißvollem Grauen mehr ergreifendes Schauspiel, als das tobende Heranrollen dieser mit silbernem Schaum gekrönten dunkeln Meereswellen, die gleich Ungeheuern näher sich wälzen, und am Ufer sich überstürzend und gebrochen vom Meere stets aufs Neue wieder geboren werden.

Da der Mond für einen Ort an jedem folgenden Tage um 50 Minuten später in den Meridian tritt, so stellt sich auch die Fluth des folgenden Tages um ebenso viel später ein und es lassen sich bei diesem regelmäßigen Zusammenhang der Erscheinungen die Ebbe und Fluth für jeden Ort genau vorherbestimmen, was wegen ihrer Bedeutung für die Schifffahrt von Wichtigkeit ist.

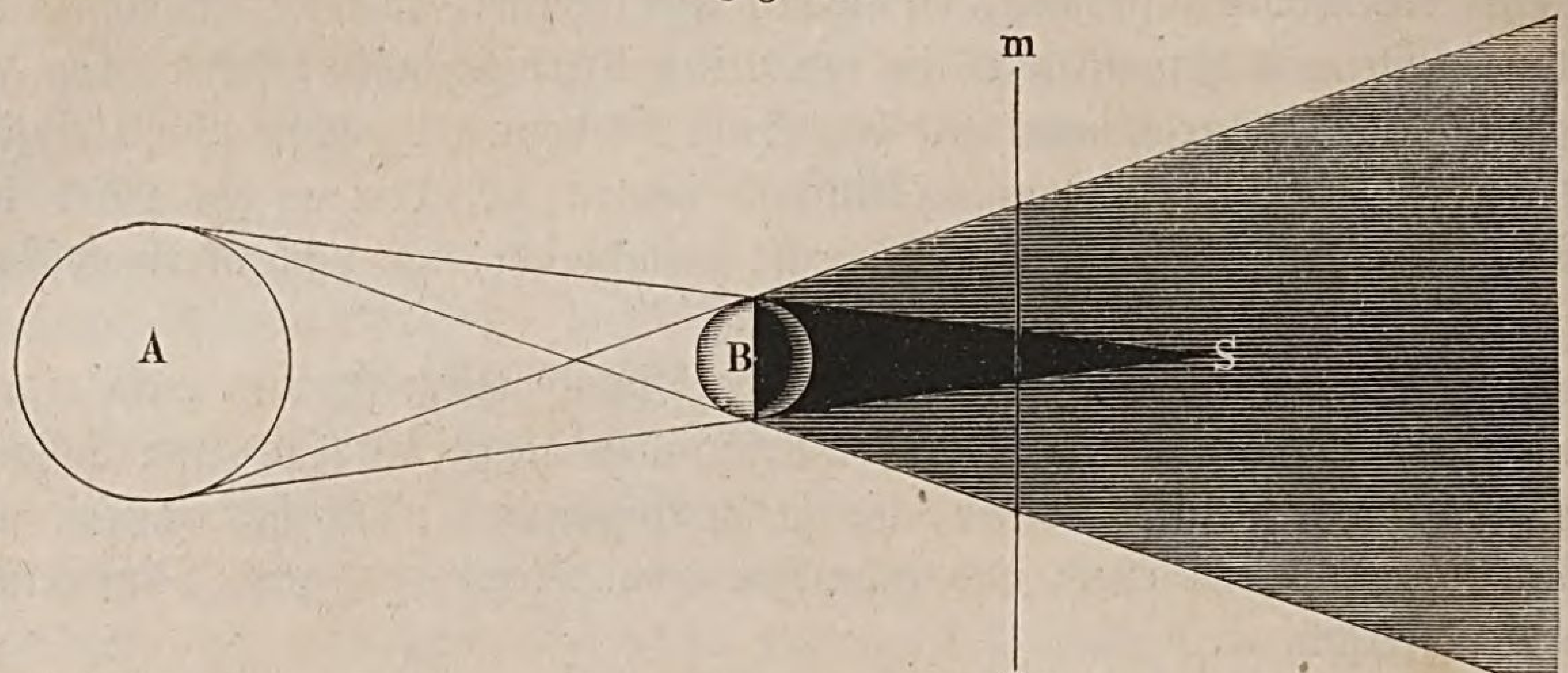
Im Allgemeinen stellt sich jedoch die Erscheinung von Ebbe und Fluth nicht in der einfachen Weise dar, wie dies oben beschrieben wurde. Denn abgesehen von vielen örtlichen Verhältnissen, wie Gestalt und Lage der Küsten, stören auch vorübergehende Ursachen, wie Winde, häufig den geregelten Verlauf der Fluth. Besonders übt noch die Sonne einen sehr merklichen Einfluß auf dieselbe aus, je nach der gegenseitigen Stellung von Sonne, Erde und Mond. Denn in der Conjunction (s. Fig. 57) befindlich, addirt sich die Anziehung der Sonne zu der des Mondes und verstärkt die Fluth, während sie in der Opposition befindlich derselben entgegenwirkt und an manchen Orten sie ganz aufhebt. Am wenigsten macht sich ihr Einfluß bemerkbar, wenn der Mond sich in den Quadraturen befindet.

Noch werde erwähnt, daß man auch die Erdbeben dem Einflusse des Mondes auf die Erde zugeschrieben hat. Es wird dabei von der Ansicht ausgegangen, daß letztere der Hauptsache nach aus feurig-flüssiger Masse besteht, die von einer erhärteten Kruste, der Erdrinde, überzogen ist. Gleichwie der im Meridian

eines Ortes stehende Mond die Fluth des Meeres aufrichtet, so ziehe er dort auch die flüssige innere Masse nach derselben Stelle hin. Diese Wirkung, an sich zu gering und unbemerklich, werde jedoch verstärkt, wenn zur Zeit der Sonnennähe (§. 60) eine Conjunction eintritt, so daß Sonne und Mond vereint wirken. Es schlage dann eine innere Fluthwelle an die betreffende Stelle der Erdrinde und erzeuge das Erdbeben. Vorerst erscheint die vorstehende Ansicht nicht hinreichend begründet.

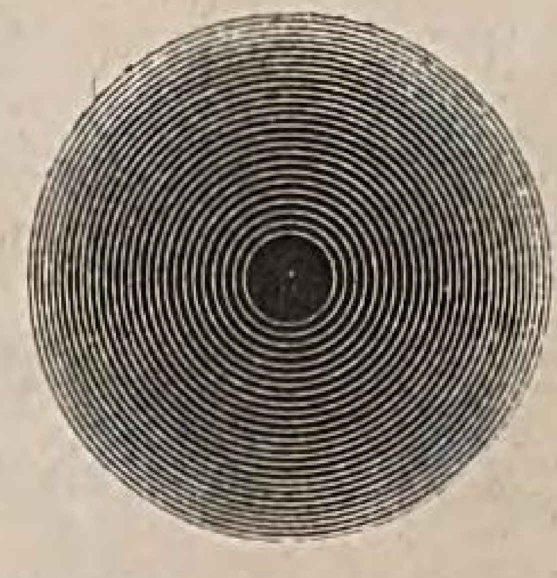
70 **Finsternisse.** Die von Zeit zu Zeit eintretenden Verfinsterungen der Himmelskörper sind nichts Anderes als Folgen des von einem undurchsichtigen Körper geworfenen Schattens, wenn eine Seite desselben erleuchtet wird. Wenn der leuchtende Körper *A*, Fig. 59, den dunkeln *B* an Größe übertrifft, so entstehen in Folge der geradlinigen Fortpflanzung des Lichts zweierlei Schatten.

Fig. 59.



Der Kernschatten ist da, wo durchaus kein Licht hingelangen kann, und bildet einen Kegel, dessen Spitze *S* hinter dem dunklen Körper sich befindet. Sobald das Auge in den Kernschatten sich begiebt, kann es keinen Theil der Lichtquelle *A* wahrnehmen, dieselbe erscheint verfinstert. Der Halbschatten entsteht dagegen da, wo zwar nicht von allen Theilen des leuchtenden Körpers Licht hingelangen kann, aber doch von einigen. Er bildet ebenfalls einen Kegel, dessen verlängert gedachte Spitze jedoch vor dem dunkeln Körper liegen würde. Fangen wir den also gebildeten Schatten z. B. bei *mn* mittels eines weißen Blattes auf, so erhalten wir in der Mitte einen schwarzen Kreis als Kernschatten, umgeben von dem Halbschatten, der nach außen hin an Stärke abnimmt, s. Fig. 60. Je weiter wir das Blatt von dem schattengebenden Körper entfernt halten, desto kleiner wird der Durchmesser des Kernschattens und desto größer der des Halbschattens.

Fig. 60.



71 **Mondfinsterniss.** Es sei *A*, Fig. 59, die Sonne und *B* die Erde, so beträgt die Länge des Kernschattens der letztern über 108 Erddurchmesser. Da nun der Mond nur um 30 Erddurchmesser von der Erde entfernt, und der Durchmesser des Erdschattens in dieser Entfernung beinahe dreimal so groß ist,

als der scheinbare Durchmesser des Mondes, so muß derselbe, sobald er in diesen Schatten eintritt, uns gänzlich verfinstert erscheinen.

Fänden die Bewegungen von Erde und Mond in Beziehung zur Sonne genau in derselben Ebene Statt, was der Fall wäre, wenn die Mondbahn in der Ekliptik läge, so würde bei jeder Opposition (s. §. 66), also zur Zeit jedes Vollmondes derselbe verfinstert erscheinen. Wir haben aber gesehen, daß die Mondbahn die Ekliptik nur an zwei Punkten, den Knoten (§. 65), schneidet und es können daher nur Mondfinsternisse eintreten, wenn der Mond zur Zeit der Opposition in einem der Knoten selbst oder in der Nähe derselben sich befindet, was innerhalb 18 Jahren 29mal der Fall ist.

Die Mondfinsterniß nimmt am östlichen Rande des Mondes ihren Anfang 72
und ist entweder eine totale, wenn der Mond ganz in den Kernschatten eintritt, oder partiale, wenn er dies nur zum Theil thut. Die Dauer der ersteren kann bis auf zwei Stunden sich erstrecken.

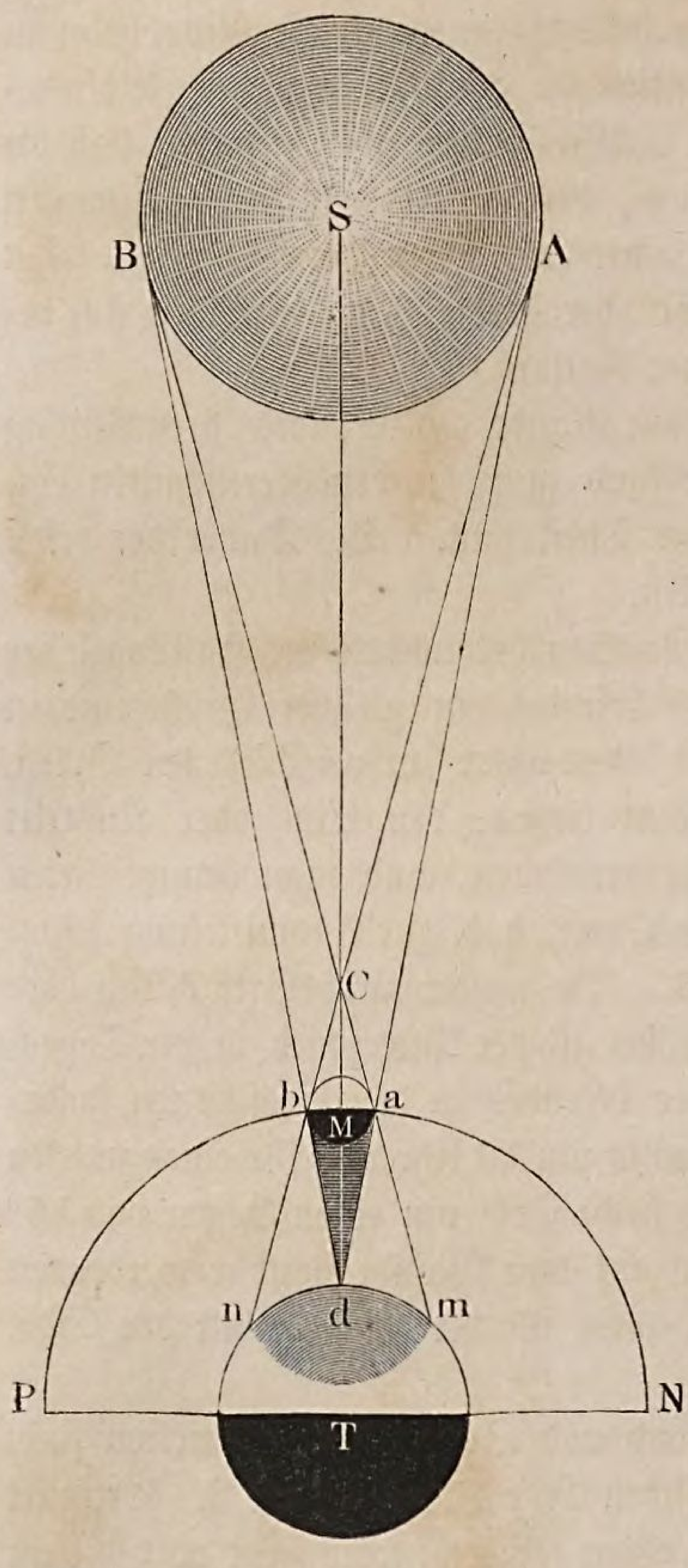
Die Mondfinsternisse sind auf allen Punkten der nächtlichen Halbkugel der Erde, über deren Horizont der Mond sich befindet, in gleicher Größe und in gleicher Dauer sichtbar. Dagegen werden Beobachter an verschiedenen Orten, die östlich oder westlich von einander entfernt liegen, den Ein- oder Austritt der Finsterniß nicht zu gleicher Tageszeit wahrnehmen, und man benutzt diesen Umstand zur Bestimmung der Länge eines Ortes, d. h. zur Ausmittelung seiner Entfernung vom ersten Meridian, s. §. 26. Je weiter zwei Orte östlich oder westlich von einander entfernt sind, desto größer ist der Unterschied in der Tagesstunde, in welcher sie z. B. den Eintritt des Mondes in den Erdschatten wahrnehmen. Findet dies für den einen Ort Nachts um 10 Uhr und für einen zweiten westlicher liegenden um 9 Uhr Statt, so sind beide Orte um einen Bogen von 15° von einander entfernt. Die runde Form des auf dem Monde sichtbar werdenden Erdschattens ist zugleich ein werthvoller Beweis für die Kugelgestalt der Erde.

Sonnenfinsterniss. Wenn Mond und Sonne in Conjunction sind, 73
so steht der Mond *M*, Fig. 61 (a. f. S.), zwischen Erde *T* und Sonne *S*. Ereignet sich dies zu einer Zeit, wo der Mond durch einen seiner Knoten geht oder diesem innerhalb 16° genähert ist, so fällt der Schatten des Mondes nach der Erde hin. Dieses findet innerhalb 18 Jahren 41mal Statt, allein aus dem Folgenden geht hervor, daß für denselben Ort die Sonnenfinsternisse dreimal seltener sind, als Mondfinsternisse.

Die Länge des Kernschattens, den der Mond hinter sich wirft, ist, wenn dieser in der Erdnähe sich befindet, größer, und wenn er in der Erdferne steht, kleiner als der jedesmalige Abstand des Mondes von der Erde. Im ersten Falle kann ein kleines Stück, *d*, der Erdoberfläche von dem Kernschatten erreicht und bedeckt werden; es entsteht sodann für diesen Theil derselben eine totale Sonnenfinsterniß. Der Durchmesser der Sonne erscheint kleiner als der des Mondes; erstere wird daher für einen Beobachter in *d* für kurze Zeit ganz von diesem bedeckt erscheinen. Die größte Dauer der totalen Verdunkelung der Sonne für einen gewissen Ort beträgt nur 5 Minuten. In der Erdferne dagegen er-

scheint der Durchmesser des Mondes kleiner als der der Sonne, es wird daher vom Punkte *d* der Erdoberfläche noch ein schmaler, leuchtender Ring der Sonne sichtbar bleiben, weshalb man diese Erscheinung eine ringförmige Sonnenfinsterniß nennt.

Fig. 62.



Der Halbschatten des Mondes ist dagegen über einen beträchtlich größern Theil *nm* der Erde verbreitet, da sein Durchschnitt $^5/_9$ vom Durchmesser der Erde beträgt. Die Bewohner der im Halbschatten befindlichen Gegenden empfangen nicht von allen Punkten der Sonne Licht, es ist ihnen daher ein Theil derselben unsichtbar oder ihre Sonnenfinsterniß ist eine partiale.

Die Verfinsterung beginnt bei der Sonne am westlichen Rande und schreitet nach dem östlichen fort. Sie ist jedoch wegen der großen Nähe des Mondes an allen Orten, über deren Horizont die Sonne sich befindet, weder gleichzeitig, noch von gleicher Dauer, noch in gleicher Weise sichtbar, ja an einzelnen Punkten kann sie ganz unsichtbar sein. Im günstigsten Falle beträgt der Durchmesser des Kernschattens an der Stelle, wo er die Erde trifft, 36 Meilen, so daß nur für einen verhältnißmäßig sehr schmalen Streifen der Erdoberfläche eine totale Sonnenfinsterniß eintritt.

74 **Die Planeten.** Es ist bereits angeführt (§. 46), daß man bei aufmerksamer Betrachtung des gestirnten Himmels einzelne Sterne entdeckt, welche ihre Stellung zu den Fixsternen auffallend ändern und daher Wandelsterne oder Planeten genannt worden sind. Faßt man dieselben durch das Fernrohr näher ins Auge, so erscheinen sie beträchtlich vergrößert, als meßbare Scheiben mit ruhigem Licht, welches nicht von ihnen selbst ausgeht, sondern Sonnenlicht ist, das sie zurückwerfen. Sie unterscheiden sich hierdurch wesentlich von den Fixsternen, die auch in der stärksten Vergrößerung nur unmeßbar kleine Lichtpunkte bleiben und die wir als selbstleuchtende Sonnen in ungeheuren Entfernungen bezeichnet haben.

Die Planeten befinden sich dagegen in verhältnißmäßig geringer Entfernung von der Erde, und ihre Anzahl erscheint unbedeutend im Verhältniß zu

dem Fixsternheere, allein andere Beziehungen verleihen denselben ein ungemeines Interesse für uns.

Was zunächst die Bewegung der Planeten betrifft, so ist diese am Himmel innerhalb einer Gränze beschränkt, die im §. 61 als Thierkreis oder Zodiakus bezeichnet worden ist. Aber wie wesentlich verschieden ist ihr Weg von denen der Sonne und des Mondes! Denn während diese Himmelskörper in fast gleichen Bogen in bestimmten Zeiten von einem Sternbilde von Westen nach Osten fortrücken, bis sie einen ganzen Kreis am Himmel zurückgelegt haben, sehen wir einen Planeten z. B. eine Zeit lang in ähnlicher Weise und rasch voranschreiten, dann seine Geschwindigkeit sich vermindern, bis er einige Tage lang still zu stehen scheint und von da an gar rückwärts geht, um dann von Neuem eine unregelmäßige Linie zu beschreiben. Man nennt die dem Weg der Sonne nachgehende Bewegung der Planeten die rechtläufige und die umgekehrte die rückläufige, zwischen welchen jedesmal ein Stillstand stattfindet. Zugleich sehen wir in Beziehung auf die Ekliptik, daß die Planeten ihren Weg zum Theil auf der nördlichen Seite und zum Theil auf der südlichen Seite derselben zurücklegen, so daß er die Ekliptik in Punkten schneidet, welche, ähnlich wie beim Mond, Knoten genannt werden. Zur Erläuterung dieser merkwürdigen Bewegungen der Planeten benutzen wir Fig. 62, welche die Bahn der Venus im Jahre 1847 darstellt. Man sieht, wie dieselbe vom 1. Januar bis 5. September rechtläufig der Sonnenbahn (Ekliptik) folgt, dann rückläufig wird und dabei eine förmliche Schlinge bildet.

Nichts war vor der richtigen Erkenntniß des Planetenlaufes und ihres Verhältnisses zur Sonne schwieriger, als eine Erklärung dieser sonderbaren Bewegungen. Ja alle Bemühungen der früheren irrigen Systeme der Weltkörper scheiterten an den Planeten und erwiesen sich gerade hierdurch als unrichtig oder unvollkommen.

Die Sonne ist nicht allein der anziehende Punkt für unsere Erde, welche 75
ihre Ellipsen um dieselbe beschreibt, sondern noch für eine große Anzahl anderer Himmelskörper, nämlich zunächst für die Planeten, in welche wir die Erde selbst einreihen müssen.

Man kennt bis jetzt 115 Planeten, und es ist namentlich nach den erst in jüngster Zeit gemachten Entdeckungen kein Grund vorhanden zur Annahme, daß die Anzahl derselben hiermit geschlossen sei.

Die Planeten bieten wesentliche Unterschiede dar in ihrer Größe, Entfernung von der Sonne, Geschwindigkeit, und in ihrer physischen Beschaffenheit, dagegen stimmen sie alle in Gestalt, Mangel an eigenem Licht und in der elliptischen Gestalt ihrer Bahnen um die Sonne überein; außerdem sind die Ebenen dieser Bahnen unter sehr kleinen Winkeln gegeneinander geneigt, nur einige von den kleinsten Planeten machen davon eine Ausnahme. Auch hat man eine Achsendrehung bei so vielen beobachtet, daß sie bei allen als stattfindend anzunehmen ist.

Indem wir die Planeten in ihrem Zusammenhang unter sich und mit der 76
Sonne als Planetensystem bezeichnen, läßt sich dasselbe ungemein leicht und zweckmäßig veranschaulichen, wenn man auf einem Tische oder einem Bogen

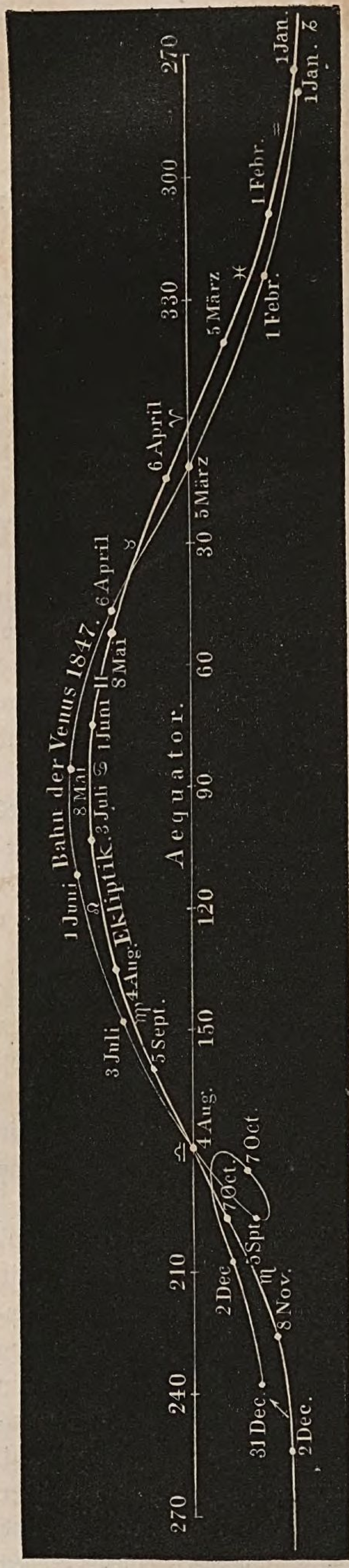


Fig. 62.

Papier sich eine Zeichnung desselben entwirft, wobei man die Sonne als den gemeinschaftlichen festen Anziehungspunkt annimmt und um diesen entweder als Kreise oder Ellipsen die Bahnen der Planeten in verkleinertem Maaßstabe zieht.

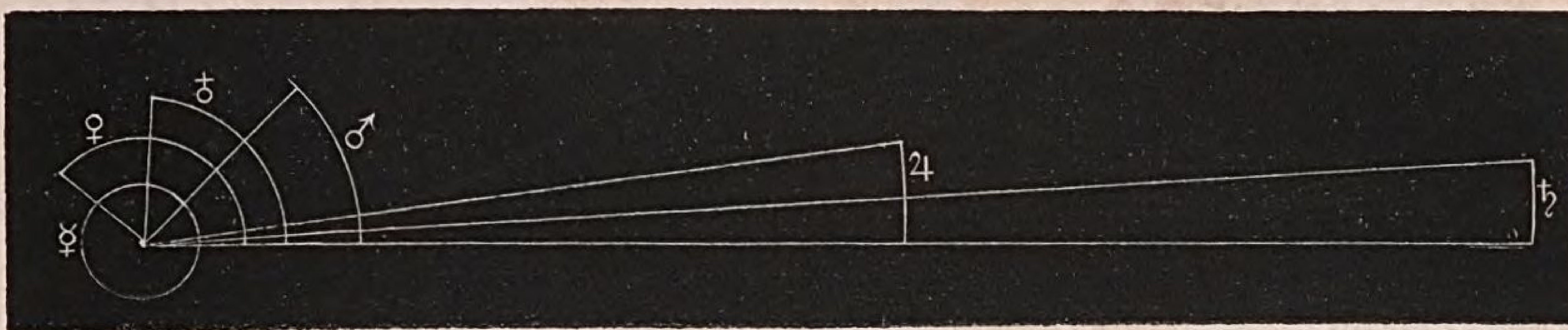
Am leichtesten und zur Versinnlichung ziemlich ausreichend sind die Bahnen als Kreise zu zeichnen, deren Halbmesser die mittleren Abstände der einzelnen Planeten von der Sonne sind, wie dies Fig. 63 andeutet. Zur Darstellung der elliptischen Bahnen muß deren große Achse und Excentricität (§. 13) gegeben sein.

Man unterscheidet untere Planeten, die der Sonne näher stehen, als die Erde, und deren es nur zwei sind, nämlich Merkur und Venus, und obere Planeten, deren Bahnen die der Erde umziehen und wohin alle übrigen gerechnet werden.

Unter den älteren Planeten versteht man die seit den ältesten Zeiten bekannten, wie Merkur ☿, Venus ♀, Erde ♁, Mars ♂, Jupiter ♃ und Saturn ♄, während die übrigen, erst seit Erfindung der Ferngläser entdeckten neuere Planeten heißen. Zu diesen gehören die beiden großen, von der Sonne am weitesten entfernten Planeten Uranus und Neptun, sowie eine Menge von kleineren Körpern, die sich alle in dem zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter befindlichen Raume bewegen. Diese kleinen Planeten, welche sich für das bewaffnete Auge nicht wesentlich von schwachen Fixsternen unterscheiden, hat man auch Asteroïden oder Planetoïden genannt, und fast jedes Jahr bereichert uns durch neue Entdeckung solcher.

Am übersichtlichsten werden die wichtigsten Verhältnisse der Planeten durch die folgenden Tafeln. Wir bemerken, daß man bei der fortwährend wachsenden Zahl der kleineren Planeten darauf verzichtet hat, denselben bildliche Zeichen zu geben; man bezeichnet dieselben jetzt durch einen Ring mit eingeschriebener Zahl, welche die Reihenfolge ihrer Entdeckung angiebt.

Fig 63.



I.

Planeten.	Zeichen.	Bekannt seit dem	Mittlerer Abstand von der Sonne oder halbe große Achse. Tausend geogr. Meilen.	Erdweiten.	Excentricität in Theilen der halben großen Achse.	Umlaufzeit in Tagen.
1. Merkur . . .	☿	Alterthum	7 680	0,3871	0,2056	88
2. Venus	♀	"	14 351	0,7233	0,0068	225
3. Erde	♁	"	19 884	1,0000	0,0168	365
4. Mars	♂	"	30 230	1,5237	0,0933	687
5. bis 111. Gruppe der Planetoïden		neunzehnten Jahrhundert	43 700 bis 69 600	2,2000 bis 3,5000	0,0400 bis 0,4400	1 193 bis 2 384
112. Jupiter . . .	♃	Alterthum	103 224	5,2028	0,0482	4 333
113. Saturn . . .	♄	"	189 251	9,5389	0,0560	10 759
114. Uranus . . .	♅	31. März 1781	380 585	19,1826	0,0466	30 687
115. Neptun . . .	♆	23. Sept. 1846	596 600	30,0705	0,0092	60 187

II.

Planet.	Aequatorialdurchmesser. Geogr. Meilen.	Scheinbarer. Größter.	Scheinbarer. Kleinster.	Körperlicher Inhalt. Millionen Kubikmeilen.	Erde = 1.	Dauer der Umdrehung. Stnd.	Min.
Merkur . . .	644	12″,9	4″,5	132	1/20	24	5
Venus	1 648	65″,2	3″,5	2 344	23/26	23	21
Erde	1 719	—	—	2 650	1	23	56
Mars	918	25″,6	3″,5	405	2/13	24	37
Jupiter	19 060	50″,7	30″,8	3 414 360	1 288	9	55
Saturn	15 680	21″,5	15″,5	1 820 290	687	10	29
Uranus	7 900	4″,7	3″,9	232 010	88	unbekannt	
Neptun	8 100	2″,7	2″,4	278 260	105	"	
Sonne	185 200	32′,34″	31′,29″	3 326 000 000	1 250 000	604	
Mond	469	35′,34″	29′,28″	54	1/40	655 . 43	

Das nachfolgende Verzeichniß enthält das ganze Heer der Planetoïden in der Reihenfolge ihrer Entdeckung.

1. Ceres; 2. Pallas; 3. Juno; 4. Vesta; 5. Asträa; 6. Hebe; 7. Iris; 8. Flora; 9. Metis; 10. Hygiea; 11. Parthenope; 12. Victoria; 13. Egeria; 14. Irene; 15. Eunomia; 16. Psyche; 17. Thetis; 18. Melpomene; 19. Fortuna; 20. Massalia; 21. Lutetia; 22. Calliope; 23. Thalia; 24. Themis; 25. Phocäa; 26. Proserpina; 27. Euterpe; 28. Bellona; 29. Amphitrite; 30. Urania; 31. Euphrosine; 32. Pomona; 33. Polyhymnia; 34. Circe; 35. Leukothea; 36. Atalanta; 37. Fides; 38. Leda; 39. Lätitia; 40. Harmonia; 41. Daphne; 42. Isis; 43. Ariadne; 44. Nysa; 45. Eugenia; 46. Hestia; 47. Aglaja; 48. Doris; 49. Pales; 50. Virginia; 51. Nemausa; 52. Europa; 53. Calypso; 54. Alexandra; 55. Pandora; 56. Melete; 57. Mnemosyne; 58. Concordia; 59. Elpis; 60. Danae; 61. Echo; 62. Erato; 63. Ausonia; 64. Angelina; 65. Cybele; 66. Maja; 67. Asia; 68. Leto; 69. Hesperia; 70. Panopäa; 71. Niobe; 72. Feronia; 73. Clytia; 74. Galatea; 75. Eurydice; 76. Freya; 77. Frigga; 78. Diana; 79. Eurynome; 80. Sappho; 81. Terpsichore; 82. Alkmene; 83. Beatrix; 84. Clio; 85. Io; 86. Semele; 87. Sylvia; 88. Thisbe; 90. Antiope; 91. Aegina; 92. Undina; 95. Arethusa; 96. Aegle; 97. Chlotho; 98. Janthe; 100. Hekate; 101. Helena; 102. Miriam; 107. Camilla.

Die vier ersten wurden in dem Zeitraum von 1801 bis 1807 entdeckt; es folgte nun eine lange Pause, denn der fünfte Planetoïd wurde 1845 entdeckt, und seitdem ist fast kein Jahr vorübergegangen, in dem nicht einer oder mehrere entdeckt wurden und die Reihe ist keineswegs als geschlossen anzusehen. Deutsche, englische, französische und italienische Astronomen betheiligten sich ziemlich gleich erfolgreich an dieser Bereicherung des Planetensystems.

77 Die beiden unteren Planeten, Merkur und Venus, bieten einige Erscheinungen dar, welche uns an den Mond erinnern. Da sie nämlich zwischen der Sonne und der Bahn der Erde sich bewegen, so treten sie mit diesen beiden zu gewissen Zeiten in eine doppelte Conjunction, nämlich in eine untere, wenn der Planet sich zwischen Sonne und Erde befindet, und eine obere, wenn er jenseit der Sonne mit der Erde in gerader Linie steht. Bei der untern Conjunction, die wegen der kurzen Umlaufszeit beim Merkur häufig eintritt, hat man von Zeit zu Zeit Gelegenheit, den Planet als dunkeln runden Fleck vor der Sonnenscheibe vorüberziehen zu sehen und dieser sogenannte Durchgang des Merkurs hat uns besonders überzeugt, daß die Planeten ihr Licht von der Sonne empfangen.

Auch nimmt man durch das Fernrohr an diesen Planeten, je nach ihrem Stande zur Sonne, deutlich wechselnde Gestalten, Phasen, ähnlich wie beim Monde wahr, und besonders zeigt sich die Venus, wenn sie des Morgens nach mehrtägiger Unsichtbarkeit wieder zum Vorschein kommt, als helle Sichel. Die Venus ist überhaupt ein durch seinen lebhaften Glanz und seine beträchtliche scheinbare Größe sowie durch seine Nähe bei der Sonne leicht auffallender Stern. In Folge der letztern wird sie stets um die Zeit des Sonnen-Auf-

gangs und Untergangs sichtbar, und hat daher den Namen des Morgen- und Abendsterns (Lucifer und Hesperus) erhalten. Auch wurden an diesem Planet das Vorhandensein einer Atmosphäre, hoher Gebirge und die Umdrehung um eine fast in der Ebene seiner Bahn liegende Achse wahrgenommen.

Wie Merkur sieht man auch zuweilen Venus bei ihrer unteren Conjunction vor der Sonnenscheibe vorüberziehen. Die beiden nächsten Erscheinungen der Art finden statt am 9. December 1874 und am 6. December 1882. Diese Vorgänge sind für uns von der höchsten Wichtigkeit, weil die genaue Beobachtung der Dauer des Vorübergangs, wenn solche an mehreren, möglichst weit von einander entfernten Punkten der Erdoberfläche vorgenommen werden, den Astronomen in den Stand setzt, die Entfernung der Erde von der Sonne mit einer größern Genauigkeit zu bestimmen, als dies auf irgend einem andern Wege möglich ist.

Nun hat sich in neuerer Zeit durch verschiedene Beobachtungen und Untersuchungen herausgestellt, daß der bisher angenommene Werth von 20 682 000 Meilen für obige Entfernung um beiläufig 800 000 Meilen zu groß ist und daß man dafür die von uns in den Tabellen (S. 298) zu Grunde gelegte Zahl 19 884 000 setzen müsse.

Man erwartet mit Begierde die nächsten Venusdurchgänge zu weiterer Prüfung der letzten Zahl.

Die oberen Planeten treten, da ihre Wege zugleich um Sonne und Erde 78
laufen, zu diesen in die Stellung von Conjunction, Opposition und Quadratur ein (s. §. 66). Der uns zunächst stehende Mars hat ein auffallend dunkelrothes Licht, das man einer sehr hohen und dichten Atmosphäre dieses Planeten zuschreibt. Bemerkenswerth ist ferner die am Mars sichtbare Abplattung, eine Folge seiner Achsendrehung, und eigenthümliche, an den Polen desselben beobachtete helle Flecken, die sogenannten Schneezonen, die kleiner werden, wenn der betreffende Pol der Sonne zugewendet ist, ähnlich wie auf der Erde in diesem Falle das Polareis abnimmt.

Ausgezeichnet durch seinen Glanz ist Jupiter, wie Fig. 41 und 64 zeigen, der größte aller Planeten, an welchem eine Atmosphäre und allerlei parallel mit seinem Aequator gehende Streifen oder Zonen wahrgenommen werden. In Folge der ungeheuren Geschwindigkeit von fast 10 Stunden, mit welcher derselbe sich um seine nahezu senkrecht stehende Achse dreht, zeigt Jupiter die stärkste Abplattung (vergl. Physik, §. 67), indem seine Drehungsachse zum Durchmesser seines Aequators wie 13 zu 14 sich verhält.

Statt eines einzigen Mondes, der die Erde umkreist, begleiten den mächtigen Jupiter vier kleine Trabanten oder Satelliten, die für ihn ganz ähnliche Erscheinungen hervorbringen, wie der Mond an der Erde. Obgleich dieselben beträchtlich größer sind als der Mond, so können sie doch nur durch das Fernrohr wahrgenommen werden. Merkwürdig sind diese Körper hauptsächlich dadurch geworden, daß man an ihnen die Geschwindigkeit der Lichtfortpflanzung studirte. Indem nämlich diese Monde den Jupiter umkreisen, treten sie von Zeit zu Zeit in den vom Planeten geworfenen Kernschatten und werden dadurch verfinstert. Nachdem man nun aufs Genaueste den Augenblick des Ein-

und Austrittes berechnet hatte, ergab es sich, daß zur Zeit der Conjunction, wenn also Erde und Jupiter um 42 Millionen Meilen entfernt sind, die Finsternisse der Jupiter-Monde beträchtlich später eintreten, als wenn dieselben zur Zeit der Opposition stattfinden, wo beide Planeten einander um Vieles näher sind. Die letzten Strahlen eines im Schatten verschwindenden Trabanten gelangen also erst zu uns, wenn dieser schon einige Zeit verfinstert ist, das Licht braucht folglich eine gewisse Zeit, um seinen Weg zurückzulegen, und diese beträgt eine Secunde für 42 000 Meilen.

79 Einzig in seiner Art ist der Saturn durch eine ringförmige Scheibe, welche denselben in der Gegend seines Aequators frei umgiebt und um den Planet sich dreht, jedoch nur dem bewaffneten Auge, und zwar in sehr verschiedenen Stellungen, sichtbar wird, wenn der Saturn im Zeichen des Widders und des Krebses steht.

Dieser Ring, der bei näherer Betrachtung aus zwei Ringen bestehend sich darstellt, ist, gleich wie die Masse des Planeten selbst, ein fester Körper und wirft einen deutlich sichtbaren Schatten auf den Saturn. Man kann sich vorstellen, er sei aus einer großen Anzahl ringförmig an einander gereiheter und zusammenhängender Trabanten von kleinem Umfange gebildet, die gleichzeitig ihren Umlauf um den Planeten machen.

Außerdem hat der Saturn noch sieben Monde, welche in weiteren Abständen um denselben sich bewegen und ebenfalls nur mittels starker Fernröhre sichtbar sind.

80 Uranus, noch vor Kurzem der entfernteste der Planeten, ist wegen seines schwach schimmernden Lichtes mit bloßem Auge kaum wahrzunehmen, weshalb er auch den Alten unbekannt war. Er soll von sechs Trabanten begleitet werden, von welchen jedoch nur zwei genauer beobachtet sind.

Von den neu entdeckten Planeten wird weiter unten die Rede sein.

Nachdem wir schon früher in Fig. 43 eine vergleichende Darstellung der Größe des Sonnenkörpers und einiger Planeten gegeben haben, schließen wir diesen Abschnitt mit Fig. 64, welche uns die Größenverhältnisse der Hauptplaneten versinnlicht.

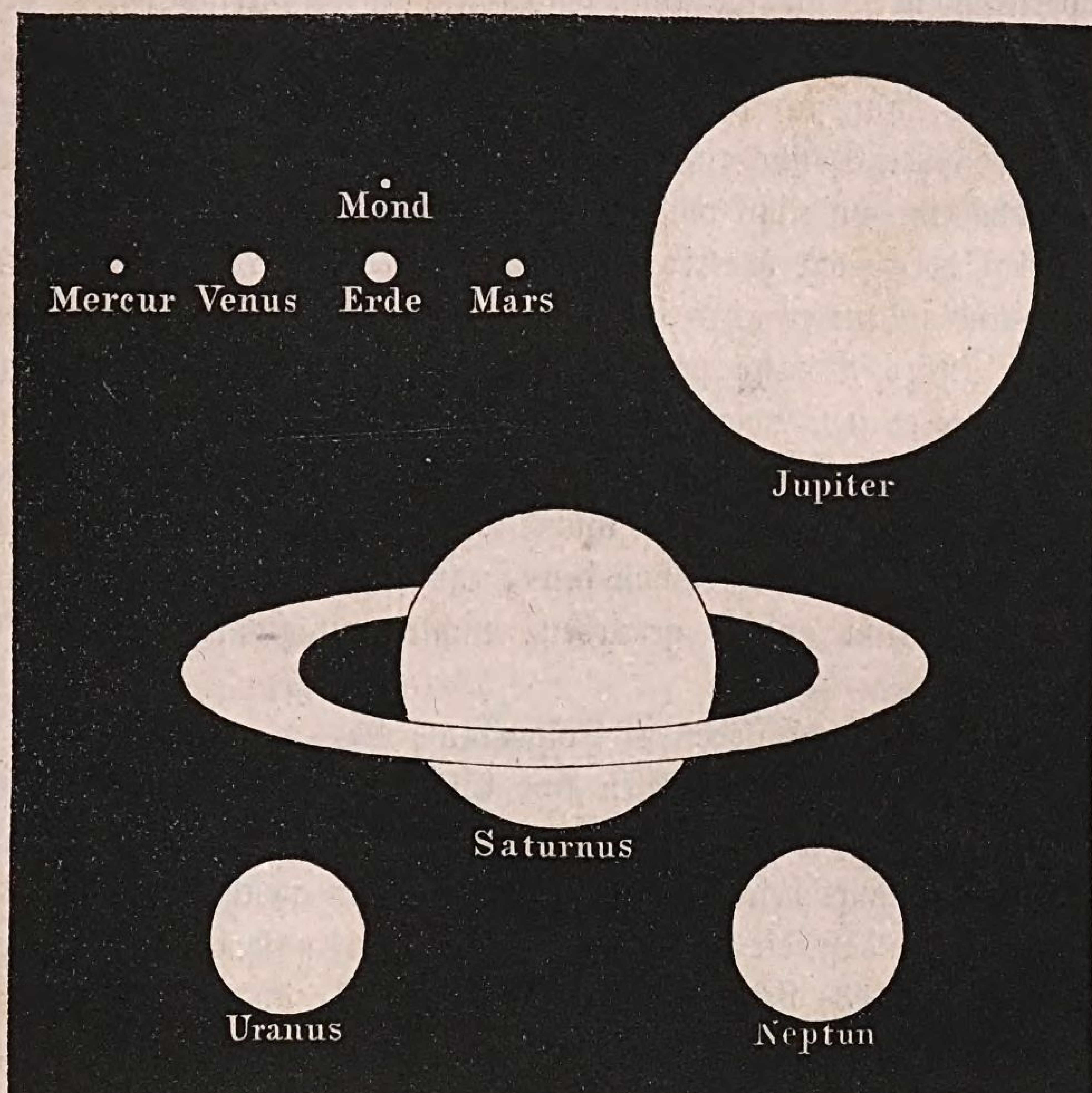
81 **Das Planetensystem.** Ptolemäus, der um die Mitte des zweiten Jahrhunderts nach Christus lebte und der berühmten Schule zu Alexandrien angehörte, versuchte zuerst eine den Beobachtungen am Himmel entsprechende Erklärung derselben, denn das Alterthum hatte nur durch Mythen auf Fragen geantwortet, welche nicht die Poesie und die Phantasie, sondern die beobachtende Wissenschaft zu lösen vermag.

Nach des Ptolemäus' System steht die Erde fest inmitten von elf hohlen Kugelschalen, die in verschiedenen Abständen immer größer werdend einander einschließen. In jede dieser Hohlkugeln, die man sich aus fester krystallartiger Masse bestehend dachte, versetzte er Himmelskörper und zwar in die nächste den Mond, in die folgenden Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn,

dann in die achte die sämmtlichen Fixsterne, und die letzten drei benutzte er zur Erklärung einiger anderen Erscheinungen.

Es fällt zu sehr in die Augen, daß dieses System mit vielen Erscheinungen im entschiedensten Widerspruche steht, und indem sich dieses alsbald fühlbar

Fig. 64.



machte, entstand als Verbesserung das sogenannte ägyptische Planetensystem, nach welchem Merkur und Venus zu Trabanten der Sonne gemacht wurden, die letztere aber ihren Weg um die Erde beibehielt. Nichts desto weniger erwies sich bei dieser Anordnung vieles Wichtige unerklärt und namentlich waren es die §. 75 beschriebenen sonderbaren Bewegungen der Planeten, die vollkommen räthselhaft blieben, so daß man genöthigt war, zu mancherlei wunderlichen und spitzfindigen Annahmen seine Zuflucht zu nehmen.

Erst in der Mitte des sechszehnten Jahrhunderts erfaßte Copernikus, der 1473 in Thorn geboren war und 1543 starb, die glückliche und große Idee der wahren Ordnung des Planetensystems, eine Idee, die er mit unermüdlicher Sorgfalt durch sein ganzes siebenzigjähriges Leben pflegte, und durch Rechnung und Beobachtung zu beweisen bemüht war. Er wies der Sonne den Mittelpunkt an und führte um sie die Planeten in Kreisen nach der bekannten Ordnung, und lehrte, daß die tägliche Bewegung der Himmelskörper nur scheinbar und die Folge der Umdrehung unserer Erde sei.

Wie schwierig, ja wie gefährlich die Ausbreitung dieser neuen Weltan-

schauung in jener Zeit war, beweist der Umstand, daß Galilei, ein ausgezeichneter italienischer Physiker, der das copernicanische System annahm und weiter ausbildete, gezwungen wurde, öffentlich die Bewegung der Erde zu widerrufen, weil das ganze System in wörtlichem Widerspruche mit einigen Stellen der heiligen Schrift steht.

82 Copernikus hatte sich die Planetenbahnen als excentrische Kreise vorgestellt, in welchen nämlich die Sonne etwas vom Mittelpunkt entfernt stand. Es war dies nothwendig, um sich die verschiedene Geschwindigkeit und die verschiedene Entfernung von der Sonne zu erklären. Trotzdem ließen sich die Bewegungen mit den Beobachtungen nicht vollständig in Einklang bringen.

Da trat der große Kepler auf, der 1571 zu Weil in Würtemberg geboren war, und indem er alles seither Bekannte und namentlich die von seinem Zeitgenossen Tycho Brahe gemachten vortrefflichen Beobachtungen zu Hülfe nahm, entwickelte er jene ewig denkwürdigen Gesetze, die sein Verdienst unübertroffen und seinen Namen unsterblich machen. Nichts ist ergreifender, als die Geschichte dieses Mannes, die Geschichte eines mit der Noth des Lebens fortwährend ringenden Geistes, der, von den Drangsalen des dreißigjährigen Krieges von einem Orte zum andern getrieben, nichts mit sich nahm, als seine erhabenen Ideen.

83 Kepler's Gesetze bestehen in Folgendem:

1. Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, die einen Brennpunkt gemeinschaftlich haben, in welchem die Sonne sich befindet.

2. Jeder Planet beschreibt in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume, was so zu verstehen ist, daß die aus den Brennpunkten nach dem Planet gezogenen Radii victores (§. 13) stets eine gleich große Fläche überstreichen, für ein und dieselbe Dauer der Zeit, in der der Planet sich bewegt, gleichgültig, welches Stück seiner Bahn er unterdessen zurücklegt.

3. Die Quadratzahlen der Umlaufszeiten von je zwei Planeten verhalten sich zu einander wie die Würfelzahlen der mittlern Entfernung dieser beiden Planeten von der Sonne.

Den Schlußstein der theoretischen Betrachtung des Planetensystems fügte der berühmte Newton (geb. 1642, gest. 1727) hinzu. Von ihm geht nämlich die Ansicht aus, daß eine Grundursache der Bewegungen der Himmelskörper in der zwischen denselben stattfindenden gegenseitigen Anziehung liege, die er Schwere oder Gravitation nannte. Er zeigte, daß die Größe dieser Anziehung zunimmt mit der Masse eines Körpers, und daß sie mit der Quadratzahl der Entfernung abnimmt. (Physik §. 14 und 15.)

Hieraus erklärt sich, wie alle Planeten, deren Gesammtmasse noch lange nicht die des Sonnenkörpers erreicht, durch die Anziehung an diesen gefesselt sind, ebenso wie der Mond an die Erde und die Trabanten an Jupiter und Saturn.

84 Nachdem auf diese Weise einmal Gesetze aufgestellt waren, gelang es bald, manche Unvollkommenheiten, die noch im Planetensysteme sich zeigten, zu beseitigen. Denn sobald manche Erscheinungen mit dem Gesetze nicht in Uebereinstimmung sich bringen ließen, lehrten neue sorgfältige Beobachtungen, daß die

älteren unvollkommen oder irrig waren, oder es wurden Entdeckungen gemacht, welche stets jene Gesetze bestätigten.

So leitete die auffallende Lücke zwischen Mars und Jupiter auf die Idee, daß zwischen diesen Planeten noch ein unbekannter vorhanden sein müsse, in Folge welcher in der That die kleinen Planeten Pallas, Juno, Ceres und Vesta entdeckt wurden, die man für Bruchstücke eines größern Planeten hält. Ueber die in neuester Zeit erst aufgefundenen Asteroïden sind noch zu wenig genauere Angaben mitgetheilt.

Es ist offenbar, daß die Planeten auch unter sich eine Anziehung ausüben, die in den Stellungen, in welchen sie einander am nächsten stehen, besonders fühlbar werden. Eine Folge sind alsdann eintretende Unregelmäßigkeiten im Laufe der betreffenden Planeten, welche mit dem Namen der Störungen bezeichnet und in Berechnung gezogen werden.

Aus unerklärlichen Störungen, welche der Uranus erlitt, wurde daher höchst scharfsinnig auf das Vorhandensein eines weitern Planeten geschlossen, ja dessen Stellung sogar durch Rechnung bestimmt, und auf diese rein theoretische Weise der Neptun aufgefunden, welcher sich bei seiner Lichtschwäche zu wenig von einem schwachen Fixstern unterscheidet, um ihn durch einfaches Anschauen mit dem Fernrohr als Planeten zu erkennen.

An die Namen der oben angeführten Forscher früherer Zeit, welchen wir die mitgetheilten so unendlich wichtigen Aufschlüsse über das Planetensystem verdanken, reihen wir die einiger Astronomen der neueren Zeit, die in hohem Grade um die Weiterentwickelung der Wissenschaft sich verdient gemacht haben.

Zuerst nennen wir als solchen Wilhelm Herschel, 1738, der zu Hannover geboren wurde und 1822 starb. Er ging im Jahre 1759 als Musiker nach England, widmete sich später aus Neigung der Astronomie und verlegte sich selbst auf die Verfertigung von Spiegelteleskopen, da er die Kosten zur Anschaffung großer Instrumente nicht erschwingen konnte. Er betrieb dieses mit solchem Erfolg, daß er sich zuletzt im Besitz eines vierzigfüßigen, sogenannten Riesenteleskopes sah, dessen Macht alle seither vorhandenen Instrumente übertraf. Ueberall, wohin Herschel sein also bewaffnetes Auge am Himmel richtete, schlossen sich neue, vorher ungeahnte Wunder auf, und er ist als der eigentliche Gründer der Fixstern-Astronomie zu betrachten. Dieses Riesenfernrohr, jetzt nicht mehr brauchbar, wurde durch Herschel's Sohn, Sir John Herschel, der ebenfalls ein ausgezeichneter Astronom ist, in ein Denkmal umgewandelt. In neuerer Zeit sind, vervollkommnet durch deren vollendete technische Hülfsmittel, mehrere großartige Instrumente der Art aufgestellt worden, wie das des Astronomen Lassel bei Liverpool, von welchem am Schluß der Astronomie eine Abbildung sich befindet.

J. W. Bessel, geboren zu Minden 1784, wirkte an der von ihm erbauten und am Anfang des astronomischen Theiles dieses Werkes abgebildeten Sternwarte zu Königsberg, woselbst er 1846 starb. Mit ausgezeichneter Beobachtungsgabe vereinigte er eine seltene Kenntniß der mathematischen Theorie und gebrauchte diese in einer früher nicht gekannten Weise, um aus

sorgfältigst angestellten Beobachtungen Resultate herzuleiten, die an Genauigkeit alles vor ihm Geleistete weit übertrafen. Er wird den Astronomen aller Zeiten hierin stets als Muster voranleuchten. Als ein Beispiel seiner Leistungen haben wir die Seite 224 angeführte Bestimmung der Fixstern-Parallaxe mitgetheilt.

Für die Kenntniß der Planeten hat sich Gauß (gest. 1855 in Göttingen) ganz besondere Verdienste erworben durch die von ihm gefundene Methode zu einer leichten und sicheren Berechnung ihrer Bahnen. Nur hierdurch war es möglich geworden, hierin eine solche Genauigkeit zu erreichen, daß die in neuester Zeit so zahlreich entdeckten kleinen Planeten keiner Verwechselung mehr fähig sind.

In ähnlicher Weise verdankt man Olbers (gest. 1840 zu Bremen) die beste Methode zur Bestimmung der Kometenbahnen.

85 **Die Kometen.** Ganz überraschend treten von Zeit zu Zeit am nächtlichen Himmel Lichtmassen auf, die aus einem heller glänzenden sternartigen Theile, dem sogenannten Kern, bestehen, welchem in der Regel an der von der Sonne abgewendeten Seite ein leuchtender Schweif folgt, der oft auf Millionen Meilen weit sich erstreckt, alsdann über einen bedeutenden Theil des Himmelsgewölbes sich hinzieht, wie Fig. 66 darstellt.

Dies sind die Kometen, deren unerwartetes Hervortreten und sonderbare Gestalt sie von jeher als übernatürliche Anzeichen und Vorboten großer Ereig-

Fig. 66.



nisse ansehen ließen, und zwar vorzugsweise solcher des Schreckens und der Noth. So ist es noch nicht lange her, daß die Erscheinung eines Kometen am Himmel allgemeine Bestürzung erregte.

Seitdem jedoch die Astronomen diese unregelmäßigen Besucher unseres Gesichtskreises näher ins Auge gefaßt haben, sind auch diese in die Ordnung und Gesetzmäßigkeit eingereiht worden, die den Bewegungen der Weltkörper vorgezeichnet ist.

Für das unbewaffnete Auge charakterisirt sich die gewöhnliche Erscheinung eines Kometen hauptsächlich durch die den Kopf oder Kern bildende Nebelhülle und den schwächer leuchtenden, mehr oder minder langen Schweif, entsprechend den in Fig. 66 und 69 vorliegenden Abbildungen. Doch zeigt sich letzterer hauptsächlich nur bei den helleren Kometen, während die teleskopischen durchgängig nur eine rundliche Nebelhülle fast ohne jede Spur von Schweif besitzen. Gegen Ende hin verbreitern sich die Kometenschweife regelmäßig, wenigstens gehören die Fälle von schmalen, bandförmigen, nicht sich ausbreitenden Schweifen zu den größten Ausnahmen.

Aus helleren Streifen, welche in den Schweifen der Kometen mitunter beobachtet werden, die mehrfach sich ändern und verschwinden, hat man auf eine Umdrehung der Schweife schließen wollen, wofür ein Beweis jedoch nicht zu führen ist.

Weit auffallender ist dagegen das Vorkommen mehrfach geschweifter Kometen, wie des sechsschweifigen von 1744, Fig. 67, und des Januarkometen von 1807, Fig. 68, mit zwei Schweifen, die einen Winkel von 60° mit einander bilden.

Fig. 67.

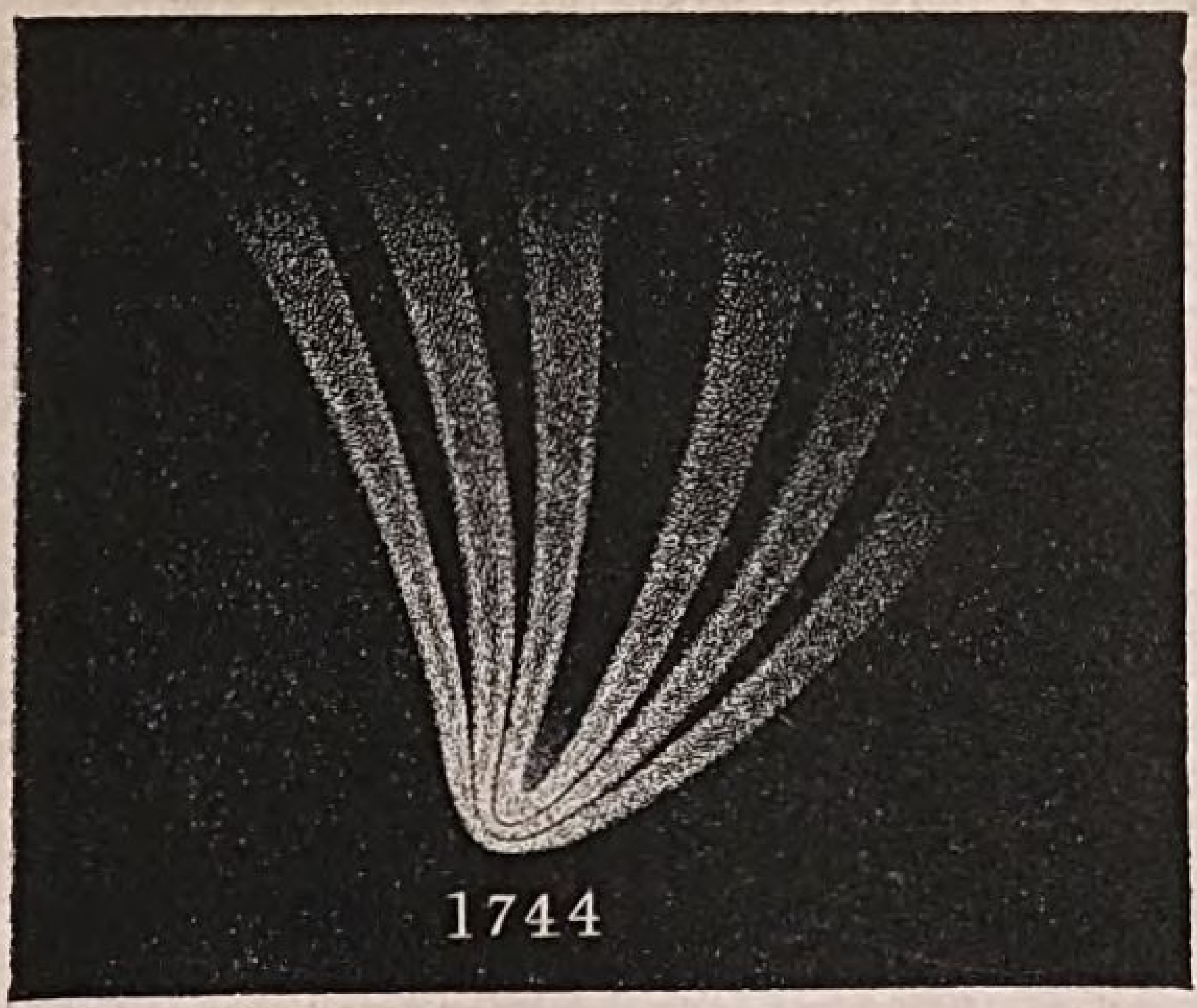


Fig. 68.



Die Kometen bestehen jedenfalls aus einer körperlichen Masse, welche ihr Licht von der Sonne erhält, die jedoch so außerordentlich geringe Dichte besitzt, daß selbst durch den dichtesten Theil derselben, den sogenannten Kern, das Licht entfernter Fixsterne noch durchscheinend sichtbar ist. Unverkennbar folgen die Kometen der Anziehung der Sonne, in deren Nähe sie raschere Bewegung und lebhafteren Glanz zeigen. 86

Ihre Bahnen bieten dieselben scheinbaren Unregelmäßigkeiten, wie zuweilen die Planeten, nur noch in auffallenderem Grade und mit dem Unterschiede, daß sie nicht nur in der Ebene der Ekliptik sich bewegen, sondern in allen nur denkbaren Richtungen aus dem Weltraum auf die Sonne zuschießen und von dieser wieder sich entfernen. Ein Komet ist daher bald nur einige Tage oder Wochen oder Monate, fast niemals aber längere Zeit hindurch sichtbar. Nur der große Komet von 1811 (Fig. 69) konnte über ein Jahr lang beobachtet werden.

Bei genauerer Beobachtung hat man gefunden, daß die Bahnen der Kometen, gleich denen der Planeten, Ellipsen sind, jedoch von so großer Excen-

Fig. 69.



Komet von 1811.

tricität, folglich so lang gestreckte, daß die Dauer des Umlaufs bei den meisten über 1000 Jahre beträgt, namentlich sind es die ausgezeichnetsten und schönsten Kometen, wie der von 1680, von 1811 u. a. m., welche erst nach 1500 bis 8000 Jahren wiederkehren.

Andere erscheinen dagegen nach kürzeren Zwischenzeiten wieder und namentlich haben Halley, Enke und Biela die nach diesen Astronomen benannten Kometen sehr genau berechnet, von welchen der erste nach 75 bis 76 Jahren, der zweite nach 3 Jahren und 115 Tagen und der letzte nach 6 Jahren und 270 Tagen wiederkehrt und die auch in diesen Zeiträumen wiederholt beobachtet worden sind.

So weit die Geschichte reicht, mögen bis jetzt schon an 500 Kometen gesehen worden sein, von welchen jedoch nur etwa 150 astronomisch genauer beobachtet sind. Man nimmt jedoch an, daß die Anzahl der in unserm Sonnensystem sich bewegenden Kometen eine Million erreichen kann, und da sie in allen Richtungen desselben sich zeigen, so dürfen wir das Reich der Sonne uns weniger als eine kreisförmige Ebene denken, in deren Mitte die Sonne sich befindet und

in deren Umfang die Planeten sich bewegen, sondern wir müssen den von unserm Sonnensysteme erfüllten Raum uns kugelförmig vorstellen. Wollten wir ihn durch ein Modell versinnlichen, so könnte dies durch sehr viele, in allen möglichen Richtungen gegen einander geneigte, um einen Mittelpunkt gelegte Reifen von verschiedenem Durchmesser geschehen. Bei den die äußerste Gränze bildenden Reifen dürfte der Durchmesser jedoch nicht unter 400 Durchmesser der Erdbahn, also über 16 000 Millionen Meilen betragen.

Sternschnuppen, Meteorsteine und Feuerkugeln. Zu 87
den Körpern, welche sich frei im Weltraume, wie die Planeten, um die Sonne bewegen, rechnet man auch die Sternschnuppen und die Meteorsteine. Erstere sind so häufig sichtbar, daß man in jeder heitern, mondlosen Nacht Gelegenheit haben wird, solche zu beobachten; man kann daher insofern diese Erscheinung als allgemein bekannt voraussetzen. Es ist außerdem eine ausgemachte Thatsache, daß Körper von eigenthümlicher Beschaffenheit von Außen her auf die Erde gefallen sind, die sogenannten Meteorsteine oder Meteorite. Hinsichtlich ihrer chemischen Bestandtheile besteht die Mehrzahl derselben aus nickelhaltigem Eisen, während die übrigen vorwaltend aus kieselreichen Mineralen, insbesondere aus Olivin, mit mehr oder weniger Eisengehalt zusammengesetzt sind.

Sternschnuppen und Meteorsteine bieten nun ganz ähnliche Erscheinungen; nämlich eine plötzliche Entzündung, einen leuchtenden Streifen und ein rasches Verschwinden, so daß beide Erscheinungen für identisch zu halten sind. Sorgfältige Beobachtungen haben dargethan, daß die Sternschnuppen sich in allen Gegenden des Himmels zeigen, daß sie sich mit einer Geschwindigkeit bewegen, welche diejenige der Erde in ihrer Bahn um die Sonne meistens noch übertrifft und daß ihre Höhe über der Erdoberfläche 20 bis 30 Meilen, mitunter auch mehr beträgt.

Außerdem hat man die merkwürdige Wahrnehmung gemacht, daß zu gewissen Zeiten des Jahres, nämlich am 10. August und 13. November, die Sternschnuppen sich außerordentlich häufig zeigen, daß sie dabei von einem bestimmten Punkte des Himmels auszugehen scheinen, und sich in bestimmter Richtung bewegen. Man nimmt daher an, daß diese Körper ringförmige Räume oder Zonen einnehmen, welche die Erde in ihrem jährlichen Laufe an den angegebenen Tagen durchschneidet. Schwierig bleibt dabei allerdings zu erklären, wie diese Körper sich in einer Höhe, wo die Atmosphäre so außerordentlich verdünnt ist, zu entzünden vermögen.

Feuerkugeln sind allem Anscheine nach nichts anderes als Sternschnuppen von großer Lichtentwickelung.

Kometen und Sternschnuppen. Die periodischen Stern- 88
schnuppenfälle, welche alljährlich, namentlich am 10. August und 13. November wahrzunehmen sind, erscheinen bald mehr bald minder glänzend, je nachdem der Schwarm, mit welchem gerade die Erde auf ihrer Bahn in dem betreffenden Moment zusammentrifft, mehr oder weniger dicht und zahlreich ist. Hieraus er-

giebt sich dann die große Verschiedenheit der Erscheinung in den einzelnen Jahren.

In Bezug hierauf zeigt nun namentlich das Novemberphänomen in sehr auffallender Weise eine regelmäßige Wiederkehr nach je 34 Jahren. So wurde im Jahre 1799 in der Nacht vom 12. November ein Sternschnuppenfall von überraschender Pracht und Fülle beobachtet; einem Feuerregen vergleichbar seien die Meteore gefallen. Am 13. November 1833 schätzte man die innerhalb zehn Stunden gesehenen Meteore auf eine halbe Million. Auch in den Jahren 1867 und 1868 zeigten sich in den Nächten vom 12. auf den 13. November die Sternschnuppen in ungewöhnlich großer Anzahl.

Hieraus läßt sich mit ziemlicher Sicherheit schließen, daß diese wiederholten Erscheinungen von ein und demselben Sternschnuppenschwarm herrührten, welcher alle 34 Jahre seinen Umlauf um die Sonne vollende und dem die Erde um die Mitte des Novembers besonders nahe komme. Nachdem man noch aus den vorliegenden Beobachtungen die Bahn dieses Schwarmes bestimmt hatte, zeigte sich die überraschende Thatsache, daß ein am 13. Januar 1866 entdeckter Komet eine ganz gleiche Bahn beschreibe, und daß dieser Körper als ein Glied jenes Sternschnuppenringes zu betrachten sei.

Hieraus gewinnt nunmehr unsere Ansicht über die Natur der Kometen eine neue und bestimmtere Gestalt. Dieselbe erscheint aus einer Unzahl von Sternschnuppen bestehend, welche sich nach den jeweils auf sie wirkenden Kräften verschiedentlich gruppiren. Es erklärt sich hierdurch auch sehr einfach ihre Durchsichtigkeit, sowie der Umstand, daß das Licht der Fixsterne bei dem Durchgang durch den Kometenkern und Schweif keine Ablenkung von der geraden Linie erfährt. Bei der Annahme, daß die einzelnen Theile durch verhältnißmäßig große Zwischenräume getrennt sind, erklärt sich ferner die geringe Masse der Kometen bei einer oft ungeheuren Ausdehnung.

Noch ist es nicht gelungen, auch für den Auguststrom die Umlaufszeit mit Sicherheit zu bestimmen, obwohl Gründe vorliegen, dieselbe auf 108 Jahre fest anzunehmen und auch ein Komet sich gefunden hat, dessen Bahn wahrscheinlich mit jenem zusammenfällt.

89 **Weltsystem.** Nachdem es außer Zweifel gesetzt war, daß die Sonne eine Achsendrehung macht, so lag die Vermuthung nahe, daß dieselbe gleichzeitig auch eine fortschreitende Bewegung habe. Deshalb angestellte Beobachtungen ergeben, daß dieses in der That der Fall ist, und daß die Sonne nach einem im Sternbilde des Herkules liegenden Punkte des Himmels sich hinbewegt. Ihre Bahn ist jedoch von so ungeheurem Umfange, daß ein Fortrücken der Sonne erst nach einer sehr langen Reihe von Jahren sich merklich macht, um so mehr, als alle zum Sonnensysteme gehörigen Körper auf diesem Wege nothwendig ihr folgen müssen.

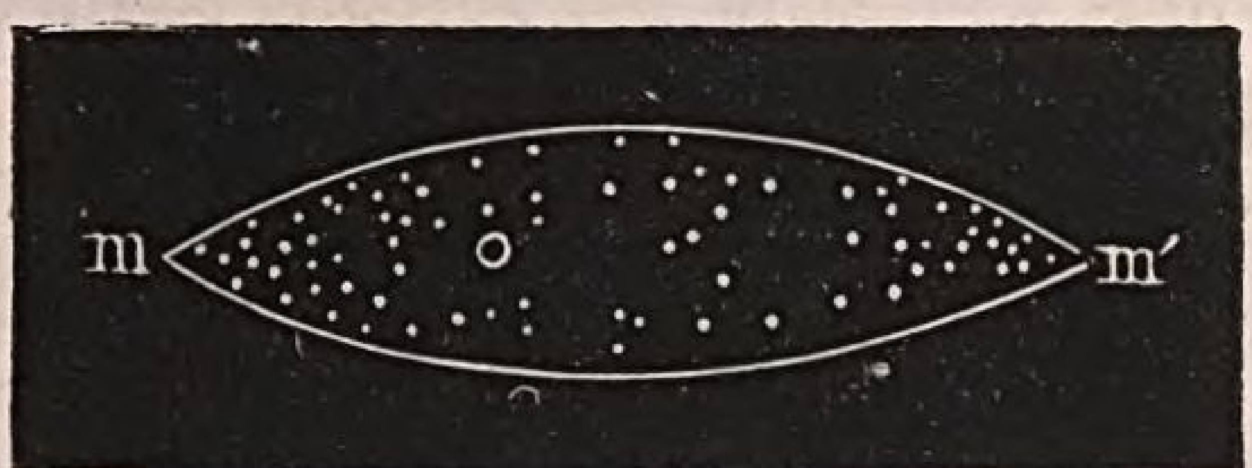
Es scheint demnach wieder ein Punkt gegeben zu sein, um welchen unser gesammtes Sonnensystem sich dreht, wie Jupiter mit seinen Trabanten um die Sonne.

Weitere Blicke in die Fixsternwelt gewähren ferner die Ueberzeugung, daß dieselbe aus einer ungeheuren Anzahl von Systemen bestehe, die theils dem unserer Sonne ähnlich sind, theils nur aus zwei Sternen bestehen, die nur in sehr geringer Entfernung von einander um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt sich drehen und Doppelsterne genannt werden, deren bis jetzt schon über 4000 genauer beobachtet sind.

John Herschel hat über das Bereich, zu welchem unser Erdstäubchen gehört, etwa die folgende Vorstellung sich gebildet:

Das System der Sonne ist ein Theil eines Systems höherer Ordnung, welches im Ganzen eine linsenförmige Gestalt hat, Fig. 70. Wir selbst befinden uns ziemlich in der Mitte dieses von Sonnensystemen erfüllten Raumes, an der Stelle des kleinen Kreises, der unser Sonnensystem vorstellt. Offenbar muß nun dem Auge der Himmel weniger mit Sternen erfüllt erscheinen, wenn wir nach der obern und untern Wölbung dieses Sternenraumes hinblicken, als wenn dies in der Richtung nach seinem Rande mm' hin geschieht. Im letztern Falle sehen wir durch eine Sternschicht von großer Tiefe, so daß die hinter einander gestellten Sterne einen gedrängten schimmernden Streif bilden, der uns rings umzieht und den wir als Milchstraße §. 47 bereits erwähnt haben. Es ist jedoch nicht zu verhehlen, daß die eben entwickelte Ansicht von der Anordnung unseres Sonnensystems keineswegs eine unbestrittene ist. (Vergl. §. 86.)

Fig. 70.



Aber die in unsern Sternenraum herüberscheinenden Nebelflecken, diese lichten Stellen am Himmel, von welchen manche durch die stärksten Fernröhre in wimmelnde Sternhaufen sich auflösen lassen, wie der in Fig. 71 abgebildete 90

Fig. 71.

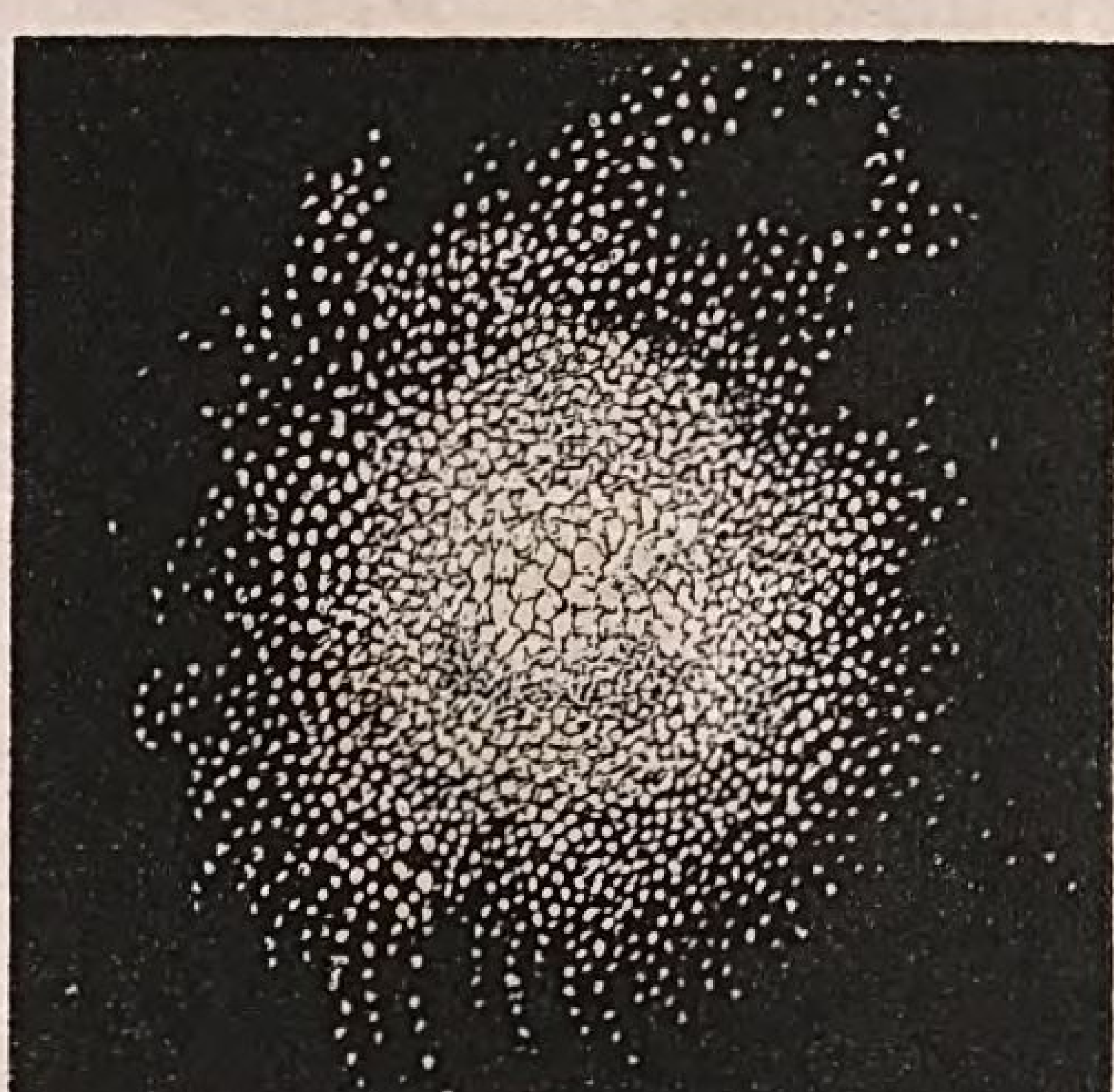
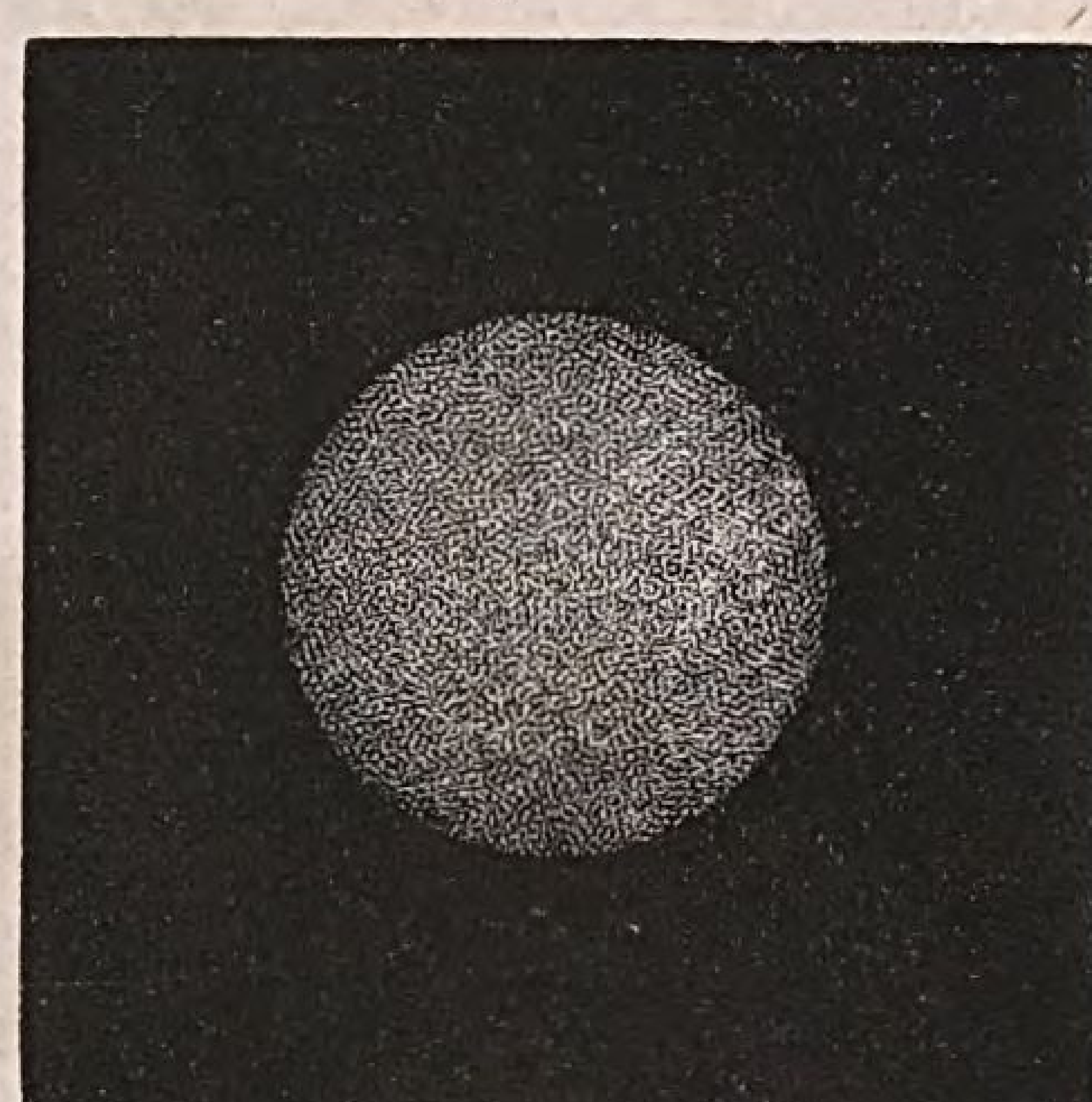


Fig. 72.



Nebelfleck im Sternbild des Herkules, während bei anderen dies nicht einmal möglich ist: müssen diese nicht ebenfalls für die Milchstraßen anderer Sternenräume gehalten werden? Sind jene rundlichen, unauflöslichen Nebelflecke, wovon uns Fig. 72 ein Beispiel zeigt, Gruppen unendlich entfernter Sternenwelten,

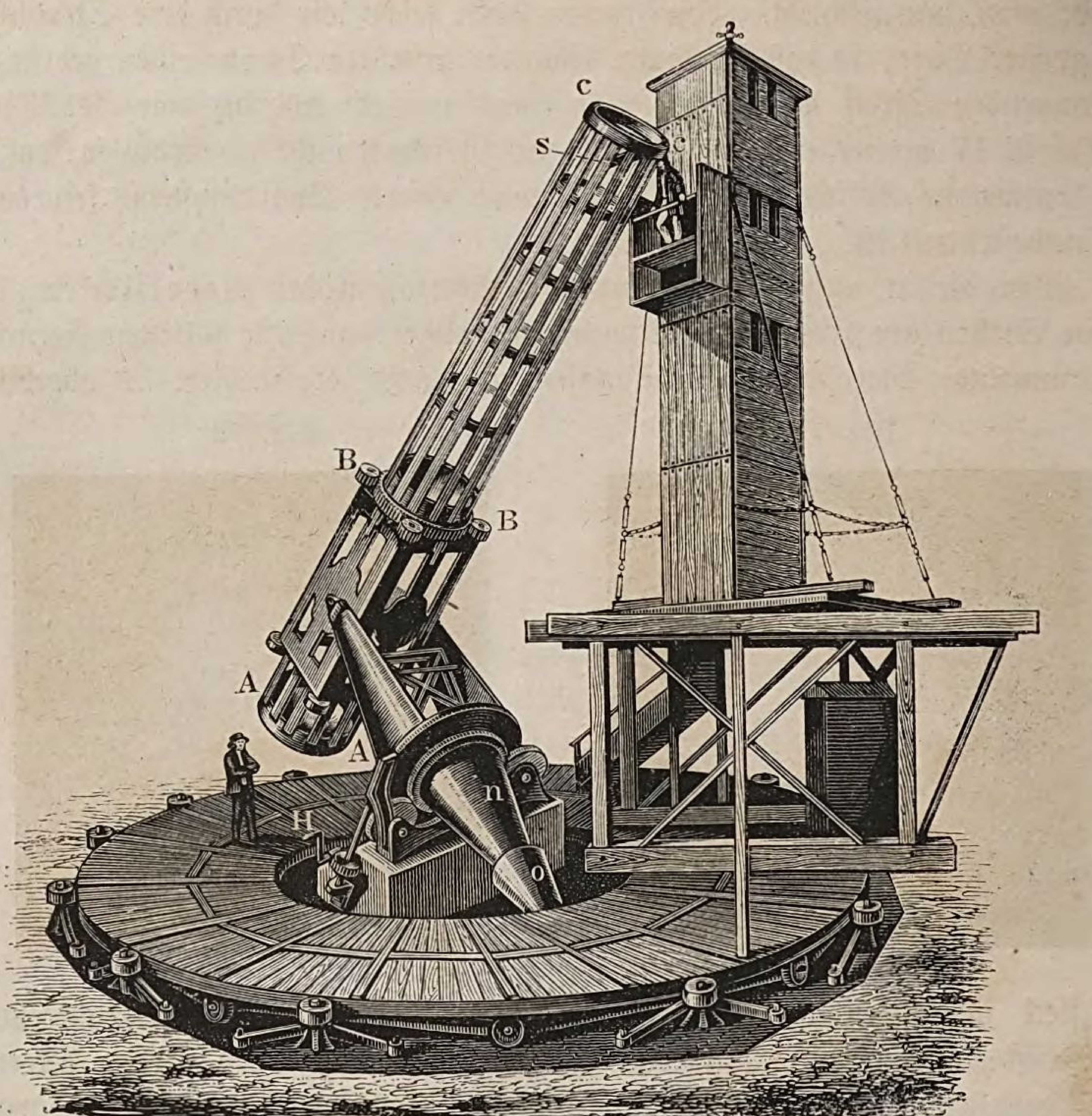
oder bestehen sie aus dunstförmiger Materie, aus deren Verdichtung allmählich neue Weltkörper sich bilden?

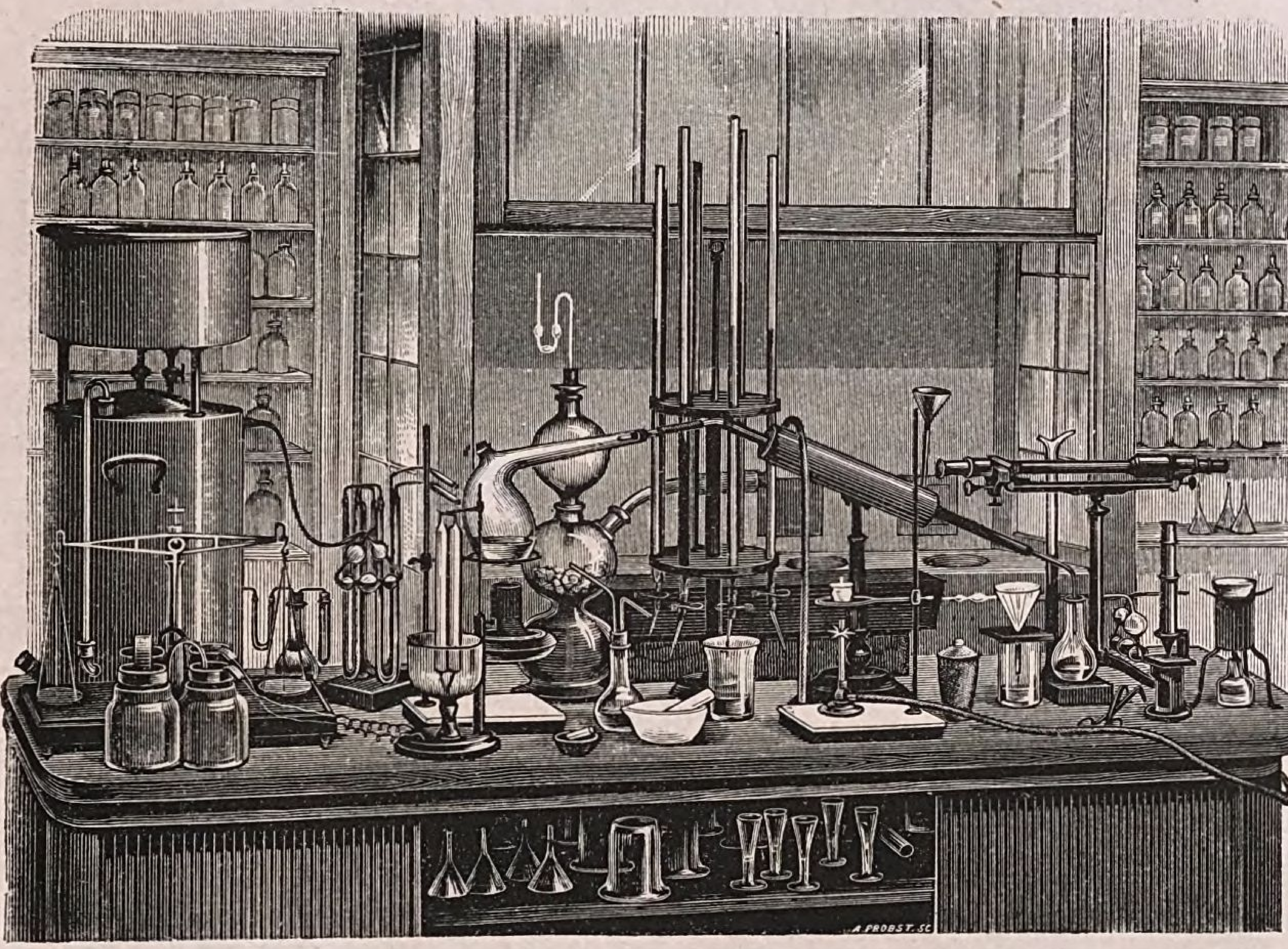
Wenn wir bedenken, daß die nächsten Fixsterne wenigstens 200 000 Halbmesser der Erdbahn von uns entfernt sind, ein Weg, für den das Licht drei Jahre braucht, um ihn zurückzulegen, so ist angenommen, daß dasselbe wenigstens 25 000 Jahre bedarf, um von den entferntesten Nebelflecken in unser Auge zu gelangen, was folglich eine Entfernung von 33 000 Billionen Meilen giebt!

So sind wir von der kleinen Warte unserer Erde, auf welche eine allmächtige Hand uns gestellt hat, mit kühnem Blicke aufgestiegen zum Begriffe des Sonnensystemes, wir haben dieses wieder eingereiht in ein System höherer Ordnung und müssen zugestehen, daß auch dieses nur ein Theil eines unendlichen Ganzen ausmacht. Längst befinden wir uns außerhalb der Gränze des Begreiflichen und dessen, was unsere Vorstellung sich klar machen kann.

Ueberall tritt uns aus diesem aufgerollten Bilde die Gottheit entgegen und mit Jesaias 40, 26 rufen wir:

„Hebet eure Augen in die Höhe und sehet, wer hat solche Dinge geschaffen?“





C h e m i e.

„Denn Er selbst hat mir gegeben die wahre Wissenschaft von Allem, was da ist; daß ich erkenne die Ordnung der Welt und die Kraft der Elemente." Weish. Salom. 7, 17.

Hülfsmittel:

Bunsen, R., Gasometr. Methoden. gr. 8. geh. Braunschw., Fr. Vieweg und Sohn. Preis 2 Thlr.

Fresenius, Prof. Dr. C. R., Anleit. z. quant. chem. Analyse. 5te Aufl. Braunschw., Fr. Vieweg und Sohn. Preis 5 Thlr.

Fresenius, Prof. Dr. C. R., Anleit. z. qualit. chem. Analyse, 13te verb. Aufl. Braunschw., Fr. Vieweg und Sohn. Preis 2 Thlr. 20 Sgr.

Gorup-Besanez, Prof. Dr. E. F. v., Lehrb. d. Chemie für den Unterricht auf Universitäten, techn. Lehranstalten 2c. In 3 Bdn. gr. 8. Fein Velin. geh. Braunschw., Fr. Vieweg u. Sohn. — 1r Bd.: Anorgan. Chemie. 3te, m. besond. Berücksichtig. d. neueren Theorien vollständ. umgearb. Aufl. Mit 182 Holzstichen u. einer farbig. Spectraltafel. 2 Thlr. 20 Sgr. — 2r Bd.: Organische Chemie. 3te, vollst. umgearb. und verb. Aufl. Mit Holzstichen. 1e b. 3te Lief. Preis à Lfrg. 1 Thlr. — 3r Bd.: Physiologische Chemie. 2. Aufl. Mit 1 Spectraltafel und 3 Tafeln in Holzstich. 4 Thlr.

Graham-Otto's ausführl. Lehrb. der Chemie. 4te umgearb. Aufl. 5 Bde. — 1r Bd.: Physikalisches, Allgemeines u. Theoretisches d. Chemie, v. d. Prof. Buff, Kopp u. Zamminer, 2te Aufl. — 2r Bd. (in 3 Abth.): Anorganische Chemie, v. Prof. Otto, 4te Aufl. — 3r bis 5r Bd.: Organische Chemie, v. Prof. Kolbe. Erschienen ist: Bd. I. (in 2 Abth.). Preis d. erst. Abth. 3 Thlr., der zweiten 2 Thlr. Bd. II. Abth. 1 vollst. in 13 Lief.; Abth. 2. Lieferg. 1 bis 9; Abth. 3 vollst. in 12 Liefergn. Bd. III. compl. (in 11 Liefergn.). Bd. IV. compl. (in 10 Liefergn.) Bd. V. Abtheil. 2 bearb. von Fehling. compl. (in 7 Lfrg.). Preis jed. Lfrg. 15 Sgr.

Knapp, Prof. Dr. F., Lehrb. der chemischen Technologie, z. Unterricht u. Selbststudium bearb. 3 Aufl. Mit zahlr. Holzstichen. Braunschw., Fr. Vieweg u. Sohn. 1. Abthl. 3 Thlr., 2. Abthl. 1. bis 4. Lfg. à 1 Thlr.

Kopp, H., Geschichte der Chemie. In 4 Bdn. Braunschw., Fr. Vieweg u. Sohn. 9 Thlr. 15 Sgr.

Liebig, Justus v., Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur u. Physiologie. 8te Aufl. Braunschw., Fr. Vieweg u. Sohn. 1r Thl.: Der chemische Proceß der Ernährung der Vegetabilien. 3 Thlr. 2r Thl.: Die Naturgesetze des Feldbaues. 2 Thlr. 15 Sgr.

Liebig, Justus v., Die Thier-Chemie od. die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie u. Pathologie. 3te umgearb. u. vermehrte Aufl. 1ste Abtheil. Braunschw., Fr. Vieweg u. Sohn. 1 Thlr. 10 Sgr.

Otto, Fr. J., Lehrb. der rationellen Praxis der landwirthschaftl. Gewerbe. 6te revid. Aufl. Braunschw., Fr. Vieweg u. Sohn. 2 Bde. 7 Thlr.

Regnault, Victor, u. Adolph Strecker, Kurz. Lehrb. d. Chemie. In 2 Bdn. 1r Bd., 8te Aufl., Anorganische Chemie. 2r Bd., 5te Aufl., Organische Chemie von Adolph Strecker. Preis jed. Bds. 2 Thlr. Braunschw., Fr. Vieweg und Sohn.

Roscoe, Prof. H., Kurz. Lehrb. d. Chemie n. d. neuesten Ansichten der Wissenschaft. Deutsche Ausgabe, bearb. v. C. Schorlemmer. 2e Aufl. Mit zahlr. Holzschnitten u. einer Spectraltafel. 8. geh. Preis 1 Thlr. 20 Sgr. Braunschw., Fr. Vieweg und Sohn.

Stöckhardt, Dr. J. A., Die Schule der Chemie. 16. Aufl. Braunschw., Fr. Vieweg u. Sohn. 2 Thlr.

Einleitung.

1 Die Chemie ist die Wissenschaft derjenigen Erscheinungen, bei welchen eine *wesentliche Veränderung* der Gegenstände stattfindet, an denen die Erscheinungen wahrgenommen werden, oder die zur Hervorbringung derselben dienen.

Wenn eine Kohle oder ein Stück Holz verbrennt, eine Eisenstange rostet, so werden diese Gegenstände während jener Vorgänge in der That so wesentlich verändert, daß sie ihre ursprünglichen Eigenschaften gänzlich verlieren. Indem also ein Gegenstand im Verlauf der an ihm beobachteten chemischen Erscheinung vollständig verschwindet, tritt an seiner Stelle ein Körper mit neuen Eigenschaften auf, in welchen er verwandelt worden zu sein scheint. Es ist dies ein wichtiges, in allen chemischen Vorgängen erkennbares Merkmal. Der Rost, in welchen das Eisen übergeht, ist wesentlich verschieden von dem Eisen an sich.

Wir werden aber die Veränderungen, die ein Körper erleidet, um so leichter und richtiger erkennen, je genauer wir uns mit seinen Eigenschaften bekannt gemacht hatten. Die Chemie betrachtet daher zunächst die Stoffe an sich sowie die an ihnen stattfindenden chemischen Veränderungen und die hieraus hervorgehenden, mit neuen Eigenschaften ausgestatteten Körper; endlich sucht sie die Ursachen und Gesetze nachzuweisen, welche diesen eigenthümlichen Erscheinungen zu Grunde liegen.

2 Die chemische Betrachtung eines Körpers ist sehr verschieden von dessen *naturgeschichtlicher* oder *physikalischer* Betrachtung. Wenn wir Minerale, Pflanzen und Thiere naturgeschichtlich betrachten, so sind es bei ersteren die Krystallform, die Härte, das specifische Gewicht; bei letzteren die Gestalt, der Körperbau, die Entwickelungs- und Lebensweise, worauf wir unsere Aufmerksamkeit vorzüglich richten.

Die Chemie dagegen hält sich an den Stoff. Welcher Art ist dieser — welche Eigenschaften hat er — wie wirkt derselbe auf andere Stoffe und welche Einwirkungen erfährt er von diesen? Dies sind die Fragen des Chemikers.

Theilweise stimmt er hierin überein mit dem Physiker. Auch dieser betrachtet ja die Materie und sucht deren Eigenschaften zu bestimmen, wie uns bereits der §. 7 der Physik von den allgemeinen Eigenschaften der Materie unterrichtete. Allein die physikalische Betrachtungsweise ist doch eine andere als die chemische. Der Physiker betrachtet eine gegebene Materie nur an und für sich, nach ihren äußeren Merkmalen; er begnügt sich, den Aggregatzustand, das specifische Gewicht, das Verhalten eines Körpers gegen Wärme, Licht und Elektricität festzustellen — im Uebrigen läßt er denselben unberührt.

Sehen wir nun, wie eine kurze physikalische Charakteristik von der chemischen bei einem bekannten Körper, z. B. dem *Schwefel*, sich unterscheidet.

Physikalische Eigenschaften des Schwefels: Der Schwefel ist fest, krystallinisch, gelb, geruchlos; sein specifisches Gewicht ist 2; er schmilzt bei 115° C. und verwandelt sich bei 490° C. in Dampf, wird durch Reiben elektrisch, leitet nicht die Elektricität.

Chemische Eigenschaften des Schwefels: Derselbe ist unlöslich in Wasser, Weingeist, Aether, fetten und flüchtigen Oelen; löslich in Schwefelkohlenstoff; an der Luft erhitzt verbrennt er mit blauer Flamme unter Entstehung eines erstickenden Dampfes; mit Wasserstoff vereinigt bildet er ein übelriechendes Gas; mit den Alkalien die Schwefelleber; mit den schweren Metallen die unlöslichen, lebhaft gefärbten Schwefelmetalle u. s. w.

Ueberall erkennen wir in der letztern Schilderung, wie der Schwefel nicht an und für sich, sondern in Beziehung auf einen zweiten Stoff sich verhält. In allen diesen Fällen wirken die angeführten Stoffe in dem Grade ein, daß der Schwefel als solcher der sinnlichen Wahrnehmung entschwindet, daß eine ganze Reihe von Körpern mit neuen Eigenschaften und Namen auftritt, durch welche den Schwefel zu verfolgen eben die Aufgabe und das Ziel des Chemikers ist.

Ein weiteres Beispiel mag dazu dienen, um das Eigenthümliche der chemi- 3
schen Erscheinung noch mehr zu veranschaulichen. Wir wählen hierzu zwei bekannte Stoffe, nämlich Schwefel und Quecksilber. Dieselben werden in bestimmten Gewichtsverhältnissen vermischt und in bedeckten Gefäßen von Eisen oder Thon längere Zeit erhitzt. Nach dem Erkalten findet man in dem obern Theile der letzteren eine dunkelrothe, strahlig krystallinische Masse, welche auf das Feinste zerrieben, die unter dem Namen *Zinnober* ebenfalls wohl bekannte, prachtvolle hochrothe Farbe darstellt.

Was ist nun hier vorgegangen? — Schwefel und Quecksilber sind verschwunden; ein neuer Körper, der Zinnober, ist zum Vorschein gekommen, gänzlich verschieden in seinen Eigenschaften von jenen Stoffen, die zur Hervorbringung desselben gedient hatten; sicherlich haben wir hier eine chemische Erscheinung vor uns.

Fragen wir weiter: Was ist aber aus dem Schwefel und dem Quecksilber eigentlich geworden? Untersuchen wir den Zinnober auf das Sorgfältigste, betrachten wir ein feinstes Stäubchen desselben durch ein Vergrößerungsglas, durch das schärfste Mikroskop — wir nehmen auch nicht mehr eine Spur von Schwefel oder Quecksilber wahr; es scheint, daß diese beiden Stoffe aufgehört haben zu existiren, indem sie sich in einen neuen Stoff verwandelt haben.

Allein dieses ist keineswegs der Fall, wie eine Fortsetzung des chemischen Experimentes zeigt. Vermischt man eine Messerspitze voll Zinnober mit gleichviel feiner Eisenfeile und erhitzt das Gemenge in einer Probirröhre, Fig. 1, so bildet sich alsbald oberhalb desselben ein glänzender, aus lauter Quecksilberkügelchen bestehender Ring. Also hatte das Quecksilber nicht aufgehört als solches im Zinnober zu existiren; es hatte nur vorübergehend in Gemeinschaft mit dem Schwefel andere Eigenschaften dargeboten. Auch der letztere hat dabei seine Existenz nicht eingebüßt, denn ein fortgesetztes Experimentiren würde uns überzeugen, daß der Schwefel sich wieder hervorführen läßt aus der schwarzen, eisenhaltigen Masse, die beim Erhitzen des obigen Gemenges auf dem Boden der Probirröhre zurückbleibt.

Fig. 1.



4 **Chemische Verbindung.** In Fällen, wo, ähnlich wie in vorstehendem Beispiele, aus der gegenseitigen Berührung und Einwirkung verschiedener Stoffe ein neuer Körper hervorgeht, sagt man, daß diese Stoffe sich chemisch verbunden, daß sie eine chemische Verbindung gebildet haben. Da wir ferner gesehen haben, daß jene Stoffe nicht aufhören in der Verbindung zu existiren, so nennt man sie die chemischen Bestandtheile derselben. Man sagt also: Der Zinnober ist eine chemische Verbindung; seine Bestandtheile sind Schwefel und Quecksilber.

Hierbei müssen wir jedoch ausdrücklich den Unterschied hervorheben zwischen chemischen Verbindungen und Gemengen oder Gemischen. Die letzteren lassen sich entweder schon mit den bloßen Augen erkennen oder mit Hülfe eines Vergrößerungsglases. Wenn wir Kreide und Kohle aufs Feinste pulvern und aufs Innigste vermengen, so unterscheidet doch leicht das bewaffnete Auge die Theilchen der Kreide neben solchen der Kohle; oder, wenn man dieses Gemenge in Wasser wirft, so schwimmt die specifisch leichte Kohle auf demselben, während das Kreidepulver untersinkt. Denn in Gemengen und Gemischen behalten die Stoffe ihre Eigenschaften bei. Daher lassen sich selbst beim Vermengen verschiedener Flüssigkeiten oder Luftarten, welche das Auge nicht unterscheiden kann, durch den Geruch oder durch den Geschmack oder an sonstigen Merkmalen die Gemenge erkennen.

5 **Chemische Analyse.** Das Bestreben der Chemiker war schon frühzeitig dahin gerichtet, zu untersuchen, welcherlei Bestandtheile in den verschiedenen Stoffen enthalten seien, die im Bereich der Natur sich vorfinden. Ihre Arbeiten gingen dahin, die Stoffe in ihre Bestandtheile zu zerlegen, dieselben von einander zu scheiden, daher die Chemie vielfach auch Scheidekunst genannt

worden ist. Man bezeichnet jetzt das Verfahren, welches darauf gerichtet ist, verbundene Stoffe zu trennen, mit dem Namen der chemischen Analyse. Man unterscheidet ferner die qualitative Analyse, welche nur untersucht, aus welchen Stoffen ein Körper besteht, und die quantitative Analyse, welche ausmittelt, wie viel von jedem Bestandtheile in einer Verbindung enthalten ist.

Einfache Stoffe. Die chemische Analyse hat ergeben, daß bei weitem 6
die meisten Stoffe, denen wir begegnen, chemische Verbindungen sind. Aber merkwürdiger Weise trafen die Chemiker doch auch manche Körper, aus welchen verschiedene Stoffe abzuscheiden ihnen auf keine Weise gelungen ist. Ein solcher Körper ist z. B. der Schwefel. Unzähligen Versuchen ist derselbe bereits unterworfen worden, aber keiner zeigt, daß in einem Gramm Schwefel auch nur ein Tausendtel Gramm eines andern Stoffes enthalten sei. Und ebenso verhält es sich mit einer ganzen Reihe anderer Körper, die man daher Einfache Stoffe, Grundstoffe, Urstoffe, oder auch Chemische Elemente genannt hat.

Die Thätigkeit des Chemikers besteht jedoch nicht allein in der Trennung verbundener Stoffe, er ist keineswegs nur Scheidekünstler. Dieselbe ist ebensowohl darauf gerichtet, Stoffe chemisch mit einander zu vereinigen, Verbindungen darzustellen, und die also künstlich erhaltenen Producte werden chemische Präparate genannt.

Es bieten sich somit zweierlei Wege, über die Natur eines Stoffes unterrichtet zu werden, indem man erstens versucht, ob derselbe in mehrere Stoffe zerlegt werden, und zweitens, ob er aus verschiedenen Stoffen zusammengesetzt werden kann. Das letztere Verfahren bezeichnet man als die Synthese.

Demnach sagen wir: Einfache Stoffe oder chemische Elemente sind solche, die man weder in verschiedene Stoffe zerlegen noch aus verschiedenen Stoffen zusammensetzen kann.

Man hat bis jetzt dreiundsechzig einfache Stoffe kennen gelernt. Von 7
diesen sind jedoch viele von geringer Wichtigkeit, da sie in der Natur höchst selten vorkommen. In der folgenden Tafel sind sämmtliche einfache Stoffe dem Namen nach angeführt und nach gewissen Eigenschaften geordnet. Die 34 häufiger vorkommenden und deshalb wichtigeren Elemente sind durch stärkere Schrift bezeichnet.

Die meisten einfachen Stoffe sind glänzend und heißen Metalle. Diejenigen, welchen diese Eigenschaft fehlt, werden Nichtmetalle, auch Metalloïde genannt. Die Metalle unterscheidet man in solche, die eine geringe, und in andere, die eine bedeutende Dichte haben.

Man hat jedem einfachen Stoff ein chemisches Zeichen gegeben, gebildet aus dem ersten Buchstaben seines lateinischen Namens, dem öfter noch ein weiterer desselben Wortes hinzugefügt wurde, zur Unterscheidung solcher, die gleiche Anfangsbuchstaben haben. Auch ist für jeden Stoff eine Zahl ermittelt worden, welche das Gewichtsverhältniß ausdrückt, in dem er sich mit den anderen einfachen Stoffen verbindet. Diese Zeichen und Zahlen sind in nachstehender Uebersicht den Namen der Elemente beigefügt worden.

Tafel der einfachen Stoffe.

I. Metalloïde.	Zeichen.	Atom-gewichte.	II. Metalle. a. Leichte.	Zeichen.	Atom-gewichte.	b. Schwere.	Zeichen.	Atom-gewichte.
Sauerstoff . .	O	16	**Kalium** . .	K	39	**Eisen**	Fe	56
Wasserstoff . .	H	1	**Natrium** . .	Na	23	**Mangan** . .	Mn	55
Stickstoff . . .	N	14	Lithium . . .	Li	7	**Chrom** . . .	Cr	52
Schwefel . . .	S	32	Cäsium . . .	Cs	133	**Kobalt** . . .	Co	58
Selen	Se	79	Rubidium . .	Rb	85	**Nickel**	Ni	58
Tellur	Te	128	**Barium** . .	Ba	137	**Zink**	Zn	65
Chlor	Cl	35	**Strontium** .	Sr	87	Kadmium . . .	Cd	112
Brom	Br	80	**Calcium** . .	Ca	40	Indium . . .	In	37
Jod	J	127	**Magnesium** .	Mg	24	**Kupfer** . . .	Cu	63
Fluor	Fl	19	**Aluminium** .	Al	27	**Blei**	Bb	207
Phosphor . . .	P	31	Beryllium . .	Be	9	Thallium . . .	Tl	204
Arsen	As	75	Zirkonium . .	Zr	89	**Zinn**	Sn	118
Kohlenstoff . .	C	12	Thorium . .	Th	231	Titan	Ti	50
Bor	Bo	11	Cerium . . .	Ce	92	**Wismuth** . .	Bi	210
Silicium . . .	Si	28	Lanthan . . .	La	92	**Antimon** . .	Sb	122
			Didym . . .	Di	95	Uran	U	120
			Yttrium . . .	Y	61	Wolfram . . .	W	184
			Erbium . . .	Er	112	Molybdän . .	Mo	96
						Quecksilber .	Hg	200
						Silber . . .	Ag	108
						Gold	Au	197
						Platin . . .	Pt	197
						Palladium . .	Pd	106
						Iridium . . .	Ir	198
						Osmium . . .	Os	199
						Rhodium . . .	Rh	104
						Ruthenium . .	Ru	104

I. **Metalloïde**: . . . . . . — 15
II. **Metalle**:
a. leichte . . . . 18 } 48
b. schwere . . . . 30 }
63

8 **Die chemische Verwandtschaft.** Die Kraft, durch welche verschiedene Körper veranlaßt werden, sich chemisch mit einander zu verbinden, wird die chemische Verwandtschaft oder Affinität genannt. Diese Kraft, welche allen Körpern innewohnt und eine Art von gegenseitiger Anziehung ist, bewirkt jene innige Verbindung. Der Ausdruck „Verwandtschaft" hat in der Chemie einen andern Sinn, als in der Botanik und Zoologie; Pflanzen und Thiere nennen wir um so näher verwandt, je mehr sie in ihren Merkmalen übereinstimmen. In der Chemie äußern gerade die sich ähnlichsten Stoffe die geringste gegenseitige Anziehung; die stärkste Verwandtschaft findet dagegen zwi-

schen den unähnlichsten Stoffen Statt. Von gewissen Pflanzen oder Thieren sagt man: sie sind „mit" einander verwandt; in der Chemie sagt man: die Stoffe haben Verwandtschaft „zu" einander.

Die verschiedenen Stoffe äußern sehr ungleiche Grade von Verwandtschaft zu einander. In der That, wenn alle Stoffe, die auf der Erde sich vorfinden, gegeneinander eine gleich starke Anziehung ausüben würden, so müßten alle zu einer einzigen, gleichartigen Masse sich verbinden, wir würden alsdann gar keine verschiedene Stoffe kennen. Man hat vielfach Gelegenheit, diese ungleichen Grade der Verwandtschaft zu beobachten. Wird z. B. Zinn an der Luft erhitzt, so verbindet es sich mit dem Sauerstoff derselben; Blei und Kupfer verhalten sich ähnlich. Aber Silber und Gold kann man beliebig lange erhitzen, ohne daß sie eine Veränderung erleiden; sie haben weniger Verwandtschaft zum Sauerstoff.

Wenn man zu Zinnober, in welchem Schwefel und Quecksilber chemisch verbunden sind, Eisenfeile hinzufügt und erhitzt, so trennt sich, wie bereits in §. 3 gezeigt wurde, der Schwefel von dem Quecksilber und verbindet sich mit dem Eisen. Es ist gleichsam, als ob der Schwefel das Eisen dem Quecksilber vorziehe, daher auch eine derartige Verwandtschaftsäußerung mit dem Namen der Wahlverwandtschaft bezeichnet worden ist. Wir werden viele Beispiele hierfür kennen lernen.

Bis jetzt kennt man keinen Grund dafür, daß ein Stoff zu einem gewissen andern Stoff eine größere Verwandtschaft hat, als zu einem dritten; einige der oben genannten Elemente, wie z. B. der Sauerstoff, das Chlor, äußern eine ungemein starke chemische Anziehung gegen alle übrigen Elemente, während andere, wie z. B. der Stickstoff, das Platin, nur wenig geneigt sich erweisen, chemische Verbindungen zu bilden. Alles, was man in dieser Beziehung weiß, verdankt man lediglich der Erfahrung. 9

Wohl ist jedoch zu merken, daß bei chemischen Vorgängen die chemische Verwandtschaft niemals als allein und ausschließlich thätig gedacht werden muß, sondern es wirken gleichzeitig andere Naturkräfte mit, wie Schwere, Cohäsion, Adhäsion, Wärme, Licht, Elektricität und Magnetismus. Je nach dem Vorwalten der einen oder der andern dieser mitwirkenden Kräfte kann das Ergebniß chemischer Processe sehr verschieden ausfallen, so daß die Grundregeln über die Aeußerung der chemischen Verwandtschaft sehr beschränkt sind. Wir stellen daher nur die drei folgenden auf:

1. Die chemische Verwandtschaft erstreckt ihre Anziehung nur auf die kleinste Entfernung; die Stoffe können daher nur dann chemisch auf einander einwirken, wenn sie sich unmittelbar berühren.

Ein unmeßbar dünner Ueberzug von Fett oder Firniß kann schon hinreichen, um das Eisen vor dem Einfluß des Sauerstoffs der Luft, vor dem Rosten zu beschützen.

2. Wenn Stoffe chemisch verbunden sind, so verbleiben sie in

diesem Zustande, bis eine von außen wirkende Ursache denselben aufhebt und die verbundenen Bestandtheile trennt.

Es ist begreiflich, daß in diesem Falle der zusammengesetzte Körper mit seinen Eigenschaften verschwindet und daß dafür seine Bestandtheile mit den ihnen eigenen Merkmalen auftreten. Man bezeichnet diesen Vorgang, indem man sagt: Die Verbindung wird zersetzt oder zerlegt.

3. Da die chemische Verbindung der Stoffe jedenfalls in einer höchst innigen, gegenseitigen Anlagerung ihrer Theilchen besteht, so wird im Allgemeinen das Zustandekommen der chemischen Verbindungen begünstigt, wenn die Theilchen der auf einander wirkenden Stoffe beweglich sind, also wenn man die Körper in flüssigem oder luftförmigem Zustande auf einander wirken läßt.

Man wird daher zwei Stoffe, die chemisch auf einander wirken sollen, in unmittelbare Berührung bringen, man wird beide oder wenigstens einen derselben in flüssigen oder luftförmigen Zustand versetzen durch Lösungsmittel oder durch Wärme. In diesem Sinne wird von dem Wasser und von der Wärme die ausgedehnteste Anwendung in chemischen Processen gemacht. Allein bei manchen gasförmigen Körpern scheint die zweckdienliche Beweglichkeit der Theilchen insofern überschritten zu sein, als die letzteren gegenseitig in so großen Abständen sich befinden, daß die chemische Anziehung ihre Wirkung nicht mehr zu äußern vermag. Hier erweist sich umgekehrt eine Verdichtung, z. B. durch Zusammendrückung der Gase, zur Einleitung der Verbindung förderlich, indem sie die Theilchen einander näher rückt.

10 Wenn wir den Einfluß weiterer Kräfte auf die chemische Verwandtschaft betrachten, so erscheint derselbe bei manchen chemischen Vorgängen ganz räthselhaft. Unter Umständen reichen rein mechanische Ursachen, z. B. geringe Erschütterungen, hin, um das Zustandekommen einer chemischen Verbindung einzuleiten oder die Zersetzung einer solchen zu bewirken. Ja, mitunter ist es die bloße Berührung mit einem gewissen Körper, welche chemische Erscheinungen hervorruft. So z. B. zerfällt der Zucker, wenn er mit Hefe in Berührung gebracht wird, in Weingeist und in Kohlensäure.

Unerklärlich ist insbesondere der Einfluß des Lichtes auf chemische Vorgänge. Nicht wenige Verbindungen, die beim Abschlusse des Lichtes ganz unveränderlich sich zeigen, werden unter seinem Einflusse augenblicklich zersetzt. Derselbe erscheint um so eigenthümlicher, als sich in der Wirkung von Sonnenlicht und Kerzenlicht, ja der verschiedenen Farben des Lichtes (Physik, §. 206) die größten Verschiedenheiten zeigen. Es beruhen hierauf die bekannten Erzeugnisse der Photographie. Andererseits bewirkt das Licht aber auch das Zustandekommen chemischer Verbindungen.

Der Einfluß der Elektricität auf chemische Verbindungen ist ein durchgreifender, auf alle Stoffe sich erstreckender. Es giebt kaum eine chemische Verbindung, die bei fortgesetzter Einwirkung eines elektrischen Stromes unzersetzt bleibt. Es scheint, als ob die beiden Arten der Elektricität, die an den Polen der elektrischen Apparate auftreten, mit unwiderstehlicher Gewalt die verbundenen

Stoffe auseinanderrissen. Aber nicht minder ist die Elektricität ein Hülfsmittel zur Herstellung chemischer Verbindungen, indem es oft genügt, einem Stoffe eine bestimmte Elektricität mitzutheilen, um seine Verbindung mit einem andern Stoffe einzuleiten, die ohne diese Mitwirkung nicht eingetreten wäre.

Am deutlichsten kann man sich noch von dem Einflusse der *Wärme* bei chemischen Processen eine Vorstellung machen. Denn einestheils vermindert dieselbe den innern Zusammenhang der Körper, der stets der chemischen Thätigkeit hemmend entgegenwirkt, und begünstigt dadurch in unzähligen Fällen das Zustandekommen chemischer Verbindungen; anderntheils dehnt die fortwährend gesteigerte Wärme immer mehr aus, so daß endlich die durch die Verwandtschaft verbundenen Stoffe sich von einander losreißen und die chemische Verbindung zerfällt. Das Kalkbrennen ist ein Beispiel der letztern Art. Ein luftförmiger Körper, die Kohlensäure, die in dem Kalksteine enthalten war, folgt in starker Glühhitze dem erhöhten Drang nach Ausdehnung und verläßt denselben.

Die chemischen Aequivalente. Verfolgt man eine Reihe von 11
chemischen Processen sorgfältig mit der Wage in der Hand, so ergeben sich alsbald einige Gesetze von der höchsten Wichtigkeit, welche die Grundlage der Chemie ausmachen.

Wenn ich z. B. 116 Gramm Zinnober in seine Bestandtheile zerlege, so erhalte ich aus demselben 100 Gramm Quecksilber und 16 Gramm Schwefel; zerlege ich 37 Gramm Zinnober, so finde ich, daß darin 31,8 Gramm Quecksilber und 5,2 Gramm Schwefel enthalten sind. Diese letzteren Zahlen verhalten sich aber genau zu einander wie 100 : 16. Kurz, wenn ich irgend eine beliebige Menge Zinnober untersuche, so finde ich, daß stets Quecksilber und Schwefel desselben sich verhalten wie 100 : 16. Es könnte zwar doch einmal der Fall eintreten, daß ein anderes Verhältniß gefunden würde. Allein alsdann hatte man sicher keinen reinen Zinnober unter den Händen, er war vielleicht mit einer andern rothen Farbe, etwa mit Mennige, verfälscht; man wird diesen fremden Stoff aufsuchen, ihn entfernen und dann gewiß finden, daß der Zinnober die obige Zusammensetzung hat.

Man ist daher wohl berechtigt, diese festgestellte Thatsache in der folgenden Weise als ein Gesetz auszusprechen: „*Quecksilber* und *Schwefel* verbinden sich chemisch mit einander in dem unabänderlichen Verhältniß von 100 Gewichtstheilen Quecksilber auf 16 Gewichtstheile Schwefel."

Dieses Gesetz erhält jedoch sogleich einen viel allgemeinern Ausdruck, sobald man hinzufügt, daß auch alle übrigen einfachen Stoffe, wenn sie sich chemisch verbinden, dieses in bestimmten Gewichtsverhältnissen thun; das *Wasser*, dieser allbekannte Körper, ist eine Verbindung von 8 Gewichtstheilen *Sauerstoff* mit 1 Gewichtstheil *Wasserstoff*; niemals wird man finden, daß reines Wasser eine andere Zusammensetzung hat. Ebenso unabänderlich besteht das *Kochsalz* aus 23 Gewichtstheilen *Natrium* und 35 Gewichtstheilen *Chlor*. In zahllosen Beispielen ist das nachfolgende chemische Grundgesetz festgestellt worden:

„Die einfachen Stoffe verbinden sich unter einander in festen, unabänderlichen Gewichtsverhältnissen.“

12 Es wurde in §. 3 angeführt, daß beim Erhitzen eines Gemisches von Zinnober und Eisenfeile der erstere zerlegt werde. Verfolgt man auch diesen Vorgang mit der Wage genauer, so ergiebt sich Folgendes: Um 116 Gramm Zinnober zu zerlegen, braucht man 28 Gramm Eisen, welche sich mit den 16 Gramm Schwefel des Zinnobers zu 44 Gramm Schwefeleisen verbinden, während 100 Gramm Quecksilber abgeschieden werden.

Das Auffallende hierbei ist, daß bei vorstehender Zersetzung an die Stelle von 100 Gewichtstheilen Quecksilber nicht ebenfalls 100 Gewichtstheile Eisen treten, sondern es sind hiervon nur 28 nöthig, um ein fast viermal so großes Quecksilbergewicht zu ersetzen, um mit 16 Gewichtstheilen Schwefel zu Schwefeleisen sich zu verbinden. In Beziehung auf die chemische Anziehungskraft von 16 Gewichtstheilen Schwefel haben 28 Gewichtstheile Eisen denselben Werth wie 100 Gewichtstheile Quecksilber, denn sie binden dieselbe Menge von Schwefel; vorstehende Gewichtsmengen beider Metalle sind in dieser Beziehung einander gleichwerthig oder äquivalent. Ermittelt man weiter, wie viel von einem andern Metalle erforderlich ist, um 16 Gewichtstheile Schwefel in chemische Verbindung zu bringen, so findet man, daß z. B. für Blei die hierzu erforderliche oder äquivalente Menge gleich 103 Gewichtstheilen ist.

Ganz entsprechende Verhältnisse sind auch für alle übrigen Elemente aufgefunden worden. Sind die Gewichtsverhältnisse ermittelt, in welchen eine bestimmte Menge des Elements *A* sich mit jedem der Elemente *B, C, D, E* u. s. w. verbindet, so bezeichnen die erhaltenen Zahlen nicht nur die Gewichtsmengen, in welchen die Elemente *B, C, D, E* in ihren Verbindungen mit *A* sich gegenseitig vertreten, sondern auch die, in welchen sie untereinander selbst sich verbinden. Man hat diese Zahlen, welche die Gewichtsverhältnisse ausdrücken, in denen die einfachen Stoffe sich mit einander verbinden, chemische Aequivalentzahlen oder kurz die Aequivalente derselben genannt.

13 **Atomgewichte.** Die fortgesetzte wissenschaftliche Untersuchung führte jedoch zur Erkenntniß noch weiterer gesetzmäßiger Verhältnisse, welche die einfachen Stoffe bei ihrer Verbindung darbieten. Mehrere derselben, wie Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Chlor, sind bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig, andere, wie Brom, Jod, Schwefel, Phosphor, Arsen, Quecksilber, sind dies bei höherer Temperatur.

Es zeigte sich nun, daß die genannten gasförmigen Körper stets in einfachen Raumverhältnissen oder Volumen sich mit einander verbinden. So verbindet sich 1 Volum, z. B. 1 Liter, Wasserstoff mit 1 Liter Chlor und bildet 2 Liter Chlorwasserstoff, wie nachstehende Figuren veranschaulichen:

1) . . . . . [H] + [Cl] = [HCl]

Zwei Volume Wasserstoff verbinden sich mit 1 Volum Sauerstoff und bilden 2 Volume Wasserdampf:

2) . . . . . $\boxed{H}\ \boxed{H} + \boxed{O} = \boxed{H_2O}$

Drei Volume Wasserstoff verbinden sich mit 1 Volum Stickstoff und bilden 2 Volume eines gasförmigen Körpers, der **Ammoniak** genannt wird:

3) . . . . . $\boxed{H}\ \boxed{H}\ \boxed{H} + \boxed{N} = \boxed{H_3N}$

Wie man aus vorstehenden Beispielen ersieht und als allgemein gültiges Gesetz bestätigt worden ist, nehmen gasförmige Körper nach ihrer Verbindung immer den Raum von zwei Volumen ein; derselbe ist also entweder gleich der Summe der zusammengetretenen Volume, wie bei 1), oder es findet eine Verdichtung in einem einfachen Verhältniß statt, wie bei 2) und 3).

Wiegt man gleiche Volume der vorgenannten gasförmigen Elemente, so ergiebt es sich, daß der Wasserstoff das geringste relative Gewicht besitzt, denn 1 Volum desselben wiegt 14 Mal weniger als 1 Volum Stickstoff, 16 Mal weniger als 1 Volum Sauerstoff und 35 Mal weniger als 1 Volum Chlor. Die Volumgewichte von Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Chlor verhalten sich also zu einander wie die Zahlen 1 : 14 : 16 : 35. Man hat aus diesen durch weitere Beobachtungen noch vermehrten Thatsachen das Gesetz abgeleitet: **Gleiche Volume der Gase oder Dämpfe der Elemente schließen Gewichtsmengen derselben ein, welche entweder geradezu, oder nach einfachen Verhältnissen abgeändert, den Aequivalentgewichten proportional sind.**

Indem endlich noch die Anhaltspunkte benutzt wurden, welche die specifische Wärme (Physik, §. 173) sowie die Krystallform der Körper bezüglich der Gewichtsverhältnisse bei ihrer chemischen Verbindung darbieten und die später erörtert werden, und auf Grund unzähliger, mit der größten Sorgfalt von den verschiedensten Chemikern übereinstimmend ausgeführten Analysen, haben dieselben als die Verbindungsgewichte oder **Atomgewichte** diejenigen Zahlen angenommen, welche wir in der Tafel der einfachen Stoffe (S. 316) bereits kennen gelernt haben. Wir werden sogleich erfahren, warum zur Bezeichnung dieser Gewichte der Namen „Atomgewicht" gewählt worden ist.

Um die Werthe der aus all diesen Untersuchungen erhaltenen Zahlen unter einander vergleichbar zu machen, war es nothwendig, das Verbindungsgewicht irgend eines Körpers als Einheit zu setzen und zu zeigen, wieviel Gewichtstheile von jedem andern Elemente mit der Einheit sich verbinden. Man ist übereingekommen, das Verbindungsgewicht des **Wasserstoffs**, das von allen das kleinste ist, als Einheit anzunehmen; sein Atomgewicht ist daher = 1.

Molekül. Atom. In der Physik, §. 11, sind wir mit einer Vor- 14
stellungsweise bekannt geworden, nach welcher die Masse eines jeden Körpers aus **Molekülen** besteht; es sind dies Gruppen, gebildet aus der Vereinigung zweier oder mehrerer untheilbarer kleinster Theilchen, welche **Atome** genannt werden. Wie viele Atome auch ein Molekül enthalten mag, so ist es doch

stets so klein, daß wir nicht im Stande sind, die Moleküle eines Körpers auf mechanische Weise von einander zu trennen und dieselben vermittels eines Vergrößerungsglases einzeln zu unterscheiden.

Einfache Körper oder Elemente nennen wir nunmehr diejenigen Körper, deren sämmtliche Moleküle aus je 2 Atomen einerlei Art gebildet sind; die zusammengesetzten Körper oder chemischen Verbindungen bestehen dagegen aus Molekülen, in welchen mindestens 2 Atome verschiedener Art enthalten sind. So wäre z. B.:

S	S

1 Mol. Schwefel

Hg	Hg

1 Mol. Quecksilber

S	Hg

1 Mol. Zinnober

Ein Stück Schwefel besteht demgemäß aus lauter durch die Cohäsionskraft zusammengehaltenen Schwefelmolekülen. Erhitzt man den Schwefel über 490 Grad, so verwandelt er sich in Dampf, indem die Moleküle sich von einander entfernen.

Fester Schwefel:

S	S	S	S	S	S
S	S	S	S	S	S
S	S	S	S	S	S

Schwefeldampf:

S	S		S	S		S	S
S	S		S	S		S	S
S	S		S	S		S	S

Die vorstehenden Zeichnungen sollen lediglich dienen, uns das Verständniß obiger Vorstellungen zu erleichtern, da wir in Wirklichkeit weder die Größe noch die Gestalt der Moleküle kennen.

Die Moleküle lassen sich nicht weiter in einzelne Atome zerfällen, wohl aber sind die Atome eines Elementes im Stande, sich mit den Atomen eines andern Elementes zu Molekülen zusammenzulegen, die wir Chemische Verbindungen nennen. In der That besteht das Wesen der letzteren darin, daß bei den mit einander sich verbindenden Körpern ein Atom je eines Moleküls seinen Platz mit dem eines andern Moleküls wechselt. Es sei

H	H

= 1 Wasserstoffmolekül;

Cl	Cl

= 1 Chlormolekül;

Wenn nun beide Moleküle sich chemisch verbinden, so geschieht dies nicht, indem Molekül sich an Molekül lagert, wie bei der ersten der nebenstehenden Figuren, sondern indem je 1 Atom Wasserstoff mit je 1 Atom Chlor den Platz wechselt, wie bei der zweiten Figur, wodurch 2 Moleküle Chlorwasserstoff entstehen.

H	H
Cl	Cl

Cl	H
H	Cl

So wenig wir Größe und Gestalt der Moleküle und Atome unmittelbar zu erkennen vermögen, so wenig sind wir im Stande, das absolute Gewicht eines solchen kleinsten Körpertheilchens direct mit der Wage zu bestimmen. Wohl aber läßt sich das relative Gewicht derselben mit Zuverlässigkeit durch nachstehende Schlußfolgerungen ableiten: Wären die Gewichte der Atome aller Elemente gleich groß, so müßten sich alle in gleichen Gewichtsmengen chemisch mit einander verbinden können, was nicht der Fall ist. Vielmehr drücken die durch Versuche ermittelten Zahlen der Verbindungsgewichte die relativen Gewichte der Atome aus.

Nach Angabe der Tafel S. 316 ist das Gewicht von 1 Atom Wasserstoff H = 1; das Gewicht von 1 Atom Chlor Cl = 35; beide vereinigt bilden

Cl	H

= 1 Molekül Chlorwasserstoff, das 36 Gewichtstheile wiegt.

Es wiegen demnach:

Cl	H
H	Cl

= 2 Mol. Chlorwasserstoff, $2 \times 1 + 2 \times 35 = 72$ Gewichtstheile;

Cl	H	Cl
H	Cl	H

= 3 Mol. Chlorwasserstoff, $3 \times 1 + 3 \times 35 = 108$ Gewichtstheile;

Cl	H	Cl	H
H	Cl	H	Cl

= 4 Mol. Chlorwasserstoff, $4 \times 1 + 4 \times 35$ = 144 Gewichtstheile u. s. w.

und endlich

n Mol. Chlorwasserstoff, $n \times 1 + n \times 35 = n \times 36$ Gewichtstheile.

Wir können allerdings weder 2, noch 3, noch 4 Moleküle Chlorwasserstoff auf die Wage legen, abwiegen und nachher der Analyse unterwerfen und nachweisen, wieviel Chlor und Wasserstoff darin enthalten sind, wohl aber können wir *n* Moleküle, d. h. eine beliebige Menge von Chlorwasserstoff abwiegen und beweisen, daß darin beide Elemente immer in dem Verhältniß von 1 : 35 enthalten sind. Folglich müssen auch in der denkbar möglichst kleinen Menge von Chlorwasserstoff, d. h. in einem Molekül desselben auf 1 Gewichtstheil Wasserstoff, 35 Gewichtstheile Chlor enthalten sein.

Aus der in Vorstehendem entwickelten Lehre von den Atomen und ihren Gewichten ergeben sich als selbstverständliche Folgerungen:

1. Das Gewicht des Moleküls eines Elementes ist doppelt so groß als das Gewicht eines Atoms desselben. Z. B.

Atomgewicht.		Molekulargewicht.
Wasserstoff	1	2
Sauerstoff	16	32
Chlor	35	70
Schwefel	32	64
Stickstoff	14	28
u. s. w.		

2. Das Gewicht des Moleküls eines zusammengesetzten Körpers (einer chemischen Verbindung) ist gleich der Summe des Gewichtes der Atome, welche darin enthalten sind.

15 **Das Gesetz der Multiplen.** Es wurde in §. 11 als Gesetz ausgesprochen, daß, wenn zwei einfache Stoffe sich mit einander verbinden, so geschehe dieses in einem gegenseitig unabänderlich feststehenden Gewichtsverhältniß. Das Studium der chemischen Verbindungen zeigte aber, daß es eine Menge von Fällen giebt, in welchen zwei Elemente in mehr als einem Gewichtsverhältnisse zusammentreten. Von zwei der bekanntesten Körper, dem Schwefel und dem Sauerstoff, hat man die nachfolgende Reihe von Verbindungen kennen gelernt, in welchen die Gewichtsverhältnisse der beiden Bestandtheile große Unterschiede darbieten. Es ist dabei eine sich stets gleichbleibende Gewichtsmenge von Schwefel angenommen, und untersucht worden, wie viel Sauerstoff mit derselben verbunden werden kann; es wird ferner von einer Verbindung ausgegangen, die man Unterschweflige Säure nennt und in welcher 1 Atg. Schwefel mit 1 Atg. Sauerstoff vereinigt ist:

Namen der chemischen Verbindung.	Zusammensetzung derselben in Gewichtstheilen von: Schwefel	Sauerstoff
1. Unterschweflige Säure	32	16
2. Schweflige Säure	32	32
3. Schwefelsäure	32	48

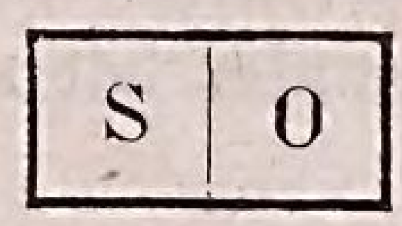
Jedermann muß hier der große Sprung auffallen in der Sauerstoffmenge von der ersten zur zweiten und von dieser zur dritten der genannten Verbindungsstufen. Indem zu der Unterschwefligen Säure noch mehr Sauerstoff hinzutritt, entsteht nicht etwa eine Verbindung von 32 Gewichtstheilen Schwefel mit 17, 18 oder 19 u. s. w. Gewichtstheilen Sauerstoff, sondern es springt dessen Menge sogleich von 16 auf das Doppelte, nämlich 32, und bei der Schwefelsäure auf das Dreifache der Atomgewichtszahl, nämlich auf 48. Diese Sauerstoffmengen verhalten sich untereinander wie die Zahlen 1 : 2 : 3, sie sind Vielfache, Multipla, vom Atomgewicht 16 des Sauerstoffs.

Aus diesen und einer großen Anzahl entsprechender Thatsachen ist das Gesetz der Multiplen abgeleitet worden, welches also lautet:

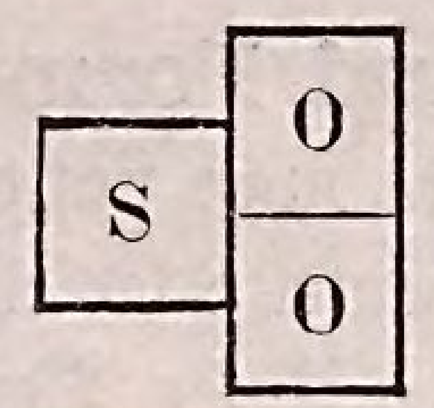
Die einfachen Stoffe vereinigen sich mit einander nach ihren Atomgewichten oder nach Multiplen (Vielfachen) derselben.

Das vorstehende Gesetz hat wesentlich zur Begründung der Atomenlehre beigetragen. Dieser gemäß sind die Atome die kleinsten, untheilbaren Körpertheilchen von bestimmtem Gewicht, welche bei der Bildung von chemischen Verbindungen zu Molekülen sich vereinigen.

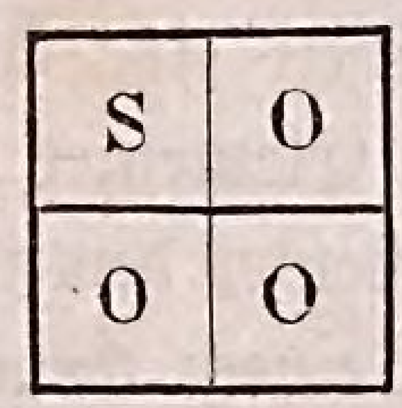
Es besteht hiernach:

1 Mol. Unterschweflige Säure = 

aus 1 At. Schwefel u. 1 At. Sauerstoff.

1 Mol. Schweflige Säure . . = 

aus 1 At. Schwefel u. 2 At. Sauerstoff.

1 Mol. Schwefelsäure . . . = 

aus 1 At. Schwefel u. 3 At. Sauerstoff.

Wir sehen jetzt ein, warum bei jeder weitern Verbindung des Schwefels mit dem Sauerstoff die Menge des letztern sprungweise um die Zahl 16 sich erhöht; es beruht dies einfach auf dem Hinzutreten eines weitern Sauerstoffatoms. Da die Atome untheilbare Größen sind, so können sich beide Elemente nicht in jedem beliebigen Verhältnisse, z. B. 32 Schwefel mit 17, 18 oder 19 Sauerstoff, verbinden, vielmehr kann dies nur in Verhältnissen geschehen, die den Gewichten ihrer Atome entsprechen.

Anwendung der Atomgewichte. Die Kenntniß der Gewichts- 16
verhältnisse, in welchen die Elemente sich unter einander verbinden, hat außer ihrer großen Bedeutung für die wissenschaftliche Chemie noch einen besondern Werth für die praktische Chemie. Von ihr geleitet, weiß der Chemiker, in welchen Verhältnissen er die einfachen Stoffe zusammenbringen muß, um chemische Verbindungen darzustellen; er weiß ferner, wie viel eines jeden Bestandtheiles er zu erwarten hat, wenn er eine chemische Verbindung zerlegt — er kann das Ergebniß seiner Arbeiten vorausberechnen. Die Rechnung selbst ist hierbei eine leicht auszuführende Anwendung der Regel-de-tri, wie nachfolgende Beispiele zeigen:

Aufgabe: Wie viel Schwefel ist erforderlich, um mit 73 Pfund Quecksilber Zinnober zu bilden und wie viel des letztern muß erhalten werden?

Antwort: Wir wissen, daß 1 At. Quecksilber = 200 sich mit 1 At. Schwefel = 32 zu 1 At. Zinnober = 232 Gewichtstheilen verbindet; folglich, so vielmal 73 kleiner ist als 200, so vielmal muß die anzuwendende Schwefelmenge kleiner sein als 32 und das erhaltene Product weniger als 232; folglich:

$\frac{73}{200} \times 32 = 11{,}68$ Pfund Schwefel sind erforderlich und

$\frac{73}{200} \times 232 = 84{,}68$ Pfund Zinnober müssen erhalten werden.

Man wird jedoch erst dann im Stande sein, den ganzen Werth der Atomenlehre zu beurtheilen, wenn man die einfachen Stoffe und ihre Verbindungen kennen gelernt hat; auch ist zu bemerken, daß das Ergebniß größerer chemischer Arbeiten, wegen mancher Unvollkommenheit des Verfahrens und daher entstehender Verluste, niemals mathematisch genau mit dem berechneten Resultate übereinstimmen wird. Allein der Chemiker hat um so besser gearbeitet, je näher er dem letztern kommt.

17 **Chemische Zeichen und Formeln.** Wir haben in §. 7 bereits die Zeichen kennen gelernt, deren man sich bedienen kann, um jedes chemische Element kurz auszudrücken. So bedeutet S soviel als Schwefel, O ist Sauerstoff, Hg = Quecksilber u. s. w. Unter Bezugnahme auf die Atomenlehre erhielt nun die Bedeutung jener Zeichen eine wichtige Erweiterung, indem dieselben nicht allein den Namen eines Elementes, sondern auch ein Atom desselben vorstellen. Das Zeichen S bedeutet demnach 1 Atom, d. i. 32 Gewichtstheile Schwefel; überall, wo ich in einem chemischen Buche das Zeichen O erblicke, habe ich mir nicht bloß das Element Sauerstoff, sondern 1 Atom oder 16 Gewichtstheile dieses Körpers vorzustellen. Gemäß der in §. 13 nachgewiesenen Uebereinstimmung zwischen dem Atomgewicht und dem Volum der gasförmigen Elemente sind die chemischen Zeichen auch die Vertreter deren Volume. Daher:

H = 1 Atom = 1 Volum = 1 Gewichtstheil Wasserstoff.
O = 1 Atom = 1 Volum = 16 Gewichtstheile Sauerstoff.

Mehrere Atome eines Elementes werden bezeichnet, indem man dem Zeichen desselben eine kleine Exponentenzahl anhängt, z. B. H_3 = 3 At. Wasserstoff; O_2 = 2 At. Sauerstoff.

Die chemischen Verbindungen lassen sich nunmehr leicht und einfach ausdrücken, indem man die Zeichen der Elemente nebeneinander setzt, und wir bedürfen hierzu nicht mehr der früheren bildlichen Hülfsmittel. Folglich ist HH = 1 Mol. Wasserstoff; OO = 1 Mol. Sauerstoff; HCl = 1 Mol. Chlorwasserstoff; HgS = 1 Mol. Zinnober; NH_3 = 1 Mol. Ammoniak.

Mehrere neben einander gesetzte, eine chemische Verbindung vorstellende Zeichen bilden eine chemische Formel; daher ist HgS die Formel des Zinnobers. Die vor eine chemische Formel gesetzte Zahl multiplicirt jeden Theil derselben. 3 HCl bedeutet 3 Mol. Chlorwasserstoff, d. i. die Verbindung von 3 At. Wasserstoff mit 3 At. Chlor; 2 NH_3 = 2 At. Stickstoff, verbunden mit 6 At. Wasserstoff.

18 **Constitution der chemischen Verbindungen.** Wenn ein jedes der 63 Elemente mit je einem aller übrigen sich chemisch zu verbinden vermag, so entsteht dadurch eine außerordentlich große Anzahl von chemischen Verbindungen. Allein die Zahl und Mannigfaltigkeit dieser letzteren wird noch erhöht dadurch, daß nicht nur zwei einfache Stoffe, sondern auch drei, vier und mehr derselben sich chemisch verbinden können. Verbindungen aus zwei Elementen heißen binäre, die aus 3, ternäre; aus 4, quaternäre; aus 5,

quinternäre; aus 6, sexternäre u. s. w. Doch sind Verbindungen, die aus mehr als fünf einfachen Stoffen bestehen, verhältnißmäßig selten.

Aber die Anzahl der möglichen chemischen Verbindungen wächst ins Unendliche, einestheils, indem dieselben sich wieder unter einander verbinden, anderntheils, indem nicht nur je 1 At. eines Elementes mit je 1 At. des andern sich zu verbinden vermag, sondern auch jede beliebige Anzahl derselben zu einem zusammengesetzten Molekül sich vereinigen kann. So z. B. wird das Molekül der Stearinsäure ausgedrückt durch die Formel $C_{18} H_{36} O_2$.

Sehen wir vorerst, auf welche Weise man zur Aufstellung der Formel einer Verbindung gelangt, und wählen wir als Beispiel eine der bekanntesten, die wässerige Schwefelsäure. Durch die quantitative Analyse ist ermittelt worden, daß in 100 Gewichtstheilen derselben enthalten sind:

Schwefel	32,8	Gewichtstheile
Sauerstoff	65,2	"
Wasserstoff	2,0	"
	100,0	Gewichtstheile

Bestände die Schwefelsäure aus je 1 At. Schwefel, Sauerstoff und Wasserstoff, so müßten vorstehende Zahlen sich verhalten wie deren Atomgewicht, nämlich wie 32 : 16 : 1, was nicht der Fall ist. Es ist daher anzunehmen, daß von einem oder mehreren Elementen mehrere Atome in der Schwefelsäure enthalten sind. Dies läßt sich ermitteln, indem man jene Zahlen dividirt durch die Atomgewichte der betreffenden Elemente, wie hiermit geschieht:

$$\frac{32,8}{32} = 1 \text{ At. Schwefel}; \quad \frac{65,2}{16} = 4 \text{ At. Sauerstoff}; \quad \frac{2}{2} = 1 \text{ At. Wasserstoff.}$$

Die Formel der Schwefelsäure ist demnach $S O_4 H$; sie ist lediglich der genaue Ausdruck der durch die Analyse gefundenen Zusammensetzung und wird daher die erfahrungsgemäße oder empirische Formel der Schwefelsäure genannt.

Indem man jedoch die Eigenschaften dieser Säure, insbesondere ihr Verhalten gegen andere Stoffe, sowie die Zersetzungen, welche sie unter gewissen Umständen erleidet, in Erwägung gezogen hat, gelangte man zu der Ansicht, daß die Atome in dem Molekül der Schwefelsäure in einer bestimmten Weise gruppirt seien, und suchte dies durch die Stellung der Zeichen in der Formel auszudrücken, die nunmehr eine rationelle Formel genannt wird. Da wir bei der Kleinheit der Atome sowohl als der Moleküle niemals im Stande sind, diese Anordnung der Atome wirklich zu sehen, so beruhen die rationellen Formeln der chemischen Verbindungen lediglich auf Schlüssen, und es ist daher wohl erklärlich, daß man, von verschiedenen Gesichtspunkten ausgehend, für eine und dieselbe Verbindung verschiedene rationelle Formeln aufzustellen vermag.

In der That sind im Verlauf der wissenschaftlichen Erforschung der Chemie im Wesentlichen zwei verschiedene Ansichten über die innere Anordnung oder die Constitution der chemischen Verbindungen zur Geltung gekommen.

19 **Dualistische Theorie.** Dem vorstehenden Namen entsprechend, abgeleitet von dem lateinischen Worte „duo“, d. i. „zwei“, ist man der Ansicht, daß alle chemischen Verbindungen dadurch zu Stande kommen, daß je zwei verschiedene Körper in Folge ihrer gegenseitigen chemischen Anziehung sich mit einander verbinden. Die Verbindungen, welche durch die Vereinigung zweier Elemente entstehen, heißen Verbindungen erster Ordnung. Solche sind z. B. Zinnober, HgS; Wasser, H_2O; Chlorwasserstoff, HCl; wasserfreie Schwefelsäure, SO_3; Kali, K_2O; Thonerde Al_2O_3 u. s. w.

Wenn zwei Verbindungen erster Ordnung mit einander sich verbinden, so bilden sie eine Verbindung zweiter Ordnung. In der Formel wird dies durch ein Komma oder einen Punkt zwischen beiden Verbindungen bezeichnet. Z. B. Kalihydrat, KO, H_2O; Schwefelsäurehydrat, SO_3, H_2O; Schwefelsaures Kali, KO, SO_3; Schwefelsaure Thonerde, $3\,SO_3, Al_2O_3$.

Endlich gehen aus der in der Formel durch ein Pluszeichen (+) angedeuteten Vereinigung von Verbindungen zweiter Ordnung die Verbindungen dritter Ordnung hervor. Ein Beispiel hierfür ist der Alaun, der aus einer Verbindung des Schwefelsauren Kalis mit der Schwefelsauren Thonerde besteht. Seine Formel ist daher $= K_2O, SO_3 + Al_2O_3, 3\,SO_3$.

Die meisten chemischen Verbindungen sind solche erster und zweiter Ordnung; die dritter Ordnung sind seltener und Verbindungen höherer Ordnungen kommen nicht vor. Die dualistischen Formeln sind die gebräuchlichsten in den älteren und in den technisch-chemischen Werken sowie in der Mineralogie.

20 **Unitarische Theorie. Typenlehre.** Neben der im Vorhergehenden dargelegten dualistischen Auffassung der chemischen Verbindungen hat sich eine zweite ausgebildet, welche die einheitliche oder unitarische (von „unus“, eins) genannt wird. Dieser gemäß bilden die Atome der Elemente bereits unter sich kleine einheitliche Körpergruppen, die Moleküle, und wie in §. 14 gezeigt wurde, besteht der Vorgang der chemischen Verbindungen darin, daß aus einer gegebenen Atomgruppe ein Atom austritt und ersetzt wird durch das Atom eines andern Elementes.

Das Studium der chemischen Verbindungen hat ferner ergeben, daß dieselben sämmtlich sich ableiten lassen von nachfolgenden vier Mustergruppen oder Typen:

I.

$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} = 1$ Molekül Wasserstoff.

II.

$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} O = 1$ Molekül Wasser.

III.

$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\} N = 1$ Molekül Ammoniak.

IV.

$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\\H\end{matrix}\right\} C = 1$ Molekül Kohlenwasserstoff.

Denkt man sich im Typus I. 1 At. Wasserstoff ersetzt durch 1 At. Chlor, so hat man Chlorwasserstoff $= \left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}$; tritt im Typus II. 1 At. Kalium an die Stelle von 1 At. Wasserstoff, so entsteht Kalihydrat $= \left.\begin{matrix}H\\K\end{matrix}\right\} O$.

Außer den vorstehenden Haupt- oder Grundtypen werden jedoch noch secundäre und tertiäre Typen angenommen, in welchen sämmtliche Atome der ersteren verdoppelt oder verdreifacht sind. Den typischen Formeln begegnet man vorherrschend in den neueren chemischen Werken, insbesondere über organische Chemie.

Valenz oder Werthigkeit der Atome. Eine Anzahl von 21
Elementen bildet nur solche Verbindungen, die aus je 1 At. des einen und je 1 At. des andern Elementes bestehen. Z. B. HCl = Chlorwasserstoff; KCl = Chlorkalium. Dieselben werden einwerthige Elemente genannt und es gehören hierher: Wasserstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Kalium, Natrium, Silber. Zweiwerthige Elemente sind diejenigen, deren Atome sich mit zwei Atomen der einwerthigen Elemente zu verbinden vermögen, wie z. B. 1 At. Sauerstoff mit 2 At. Wasserstoff zu Wasser = H_2O. Die Gruppe der zweiwerthigen Elemente wird gebildet von den nachfolgenden: Sauerstoff, Schwefel, Magnesium, Calcium, Barium, Strontium, Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel, Zink, Blei, Quecksilber, Kupfer. Die dreiwerthigen Elemente binden drei einwerthige Atome, z. B. H_3N = Ammoniak. Man rechnet zu denselben: Stickstoff, Phosphor, Arsen, Bor, Aluminium, Chrom, Antimon und Gold. Die vierwerthigen Elemente binden vier einwerthige, z. B. H_4C = Kohlenwasserstoff. Zu denselben gehören: Kohlenstoff, Silicium, Zinn, Platin.

Die Atome der Elemente besitzen demnach außer dem einem jeden eigenthümlichen Atomgewicht noch die Fähigkeit, sich mit einem oder mehreren Atomen anderer Elemente zu verbinden, und man bezeichnet dieselbe mit dem Namen der Werthigkeit oder Valenz. Um dem Gedächtniß zu Hülfe zu kommen, bezeichnet man die Werthigkeit der Atome entweder durch Striche oder römische Zahlen an den chemischen Zeichen, z. B.: H', O'', N''', C'''' oder $\overset{I}{K}$, $\overset{II}{S}$, $\overset{III}{P}$, $\overset{IV}{Si}$ u. s. w.

Die Valenz eines mehrwerthigen Atoms kann ausgeglichen werden, entweder indem es sich mit einem gleichwerthigen Atom, oder mit der entsprechenden Anzahl einwerthiger Atome verbindet, oder mit ein- und mehrwerthigen Atomen, deren Valenz zusammen der seinigen gleichkommt. Sowohl das bereits in §. 15 angeführte Gesetz der Multiplen, als auch die Aufstellung der chemischen Typen erscheinen hiernach im engsten Zusammenhange mit der Werthigkeit oder Valenz der Atome.

Allgemeine Eigenschaften der chemischen Verbindungen. Aus dem Vorhergehenden ist ersichtlich, wie durch Vereinigung 22
von zwei und mehr einfachen Stoffen eine große Anzahl verschiedener chemischer Verbindungen entstehen kann. Dieselben bieten hinsichtlich ihrer Eigenschaften unzählige Unterschiede dar, so daß unter Tausenden nicht zwei aufzufinden sind,

die in jeder Beziehung übereinstimmen. Bei der Beschreibung derselben wird zunächst des Aggregatzustandes gedacht, ob sie nämlich gasförmig, flüssig oder fest sind. Bei den meisten der festen chemischen Verbindungen sind die Moleküle in einer bestimmten Weise angeordnet und bilden regelmäßige, von ebenen Flächen begränzte Körper, sogenannte Krystalle. Wie mannichfachen Gestalten solcher man auch begegnen mag, so lassen sich doch alle von gewissen Grundformen ableiten, und es gilt als Gesetz, daß ein und dieselbe Substanz, sei diese ein Element oder eine chemische Verbindung, nur in solchen Gestalten auftritt, die derselben Grundform angehören. Die Lehre von den Krystallformen, die Krystallographie, hat daher eine große Bedeutung für die Charakteristik der Körper erlangt, insbesondere der Minerale, die vorherrschend nach ihren äußeren Merkmalen beschrieben werden. Hier, wo wir dieselben ganz besonders nach ihren chemischen Eigenschaften betrachten, werden wir uns darauf beschränken, der Krystallform nur beiläufig zu gedenken, dagegen als Einleitung in die Mineralogie die Krystallographie eingehender behandeln.

Zu bemerken ist jedoch, daß ein Körper nur dann krystallisirt genannt wird, wenn er in deutlich erkennbaren, geometrisch bestimmbaren Krystallen erscheint, wie z. B. das Kochsalz, der Kandiszucker; krystallinisch ist ein Körper, wenn er aus Krystallen besteht, die nicht vollkommen zur Ausbildung gekommen sind, wie dies beim Marmor und beim Meliszucker der Fall ist. Endlich begegnet man Körpern, deren Moleküle völlig regellos zusammengehäuft sind, die daher gar keine bestimmte Gestalt haben und amorphe Körper genannt werden. Solche sind z. B. das Glas, der Leim. Es hängt jedoch von äußeren Umständen ab, ob ein Körper die eine oder die andere dieser Formen annimmt und wir können den Schwefel oder den Zucker nach Belieben in den krystallisirten, krystallinischen oder amorphen Zustand versetzen.

Als weitere wichtige Merkmale der Körper dienen das specifische Gewicht derselben, ihr Verhalten beim Erhitzen, also Schmelz-, Siede- und Entzündungstemperatur derselben, ihr Verhalten zu Licht, Elektricität und Magnetismus.

Eine große Anzahl chemischer Verbindungen zeichnet sich aus durch ihren sauren Geschmack, und dieselben werden daher Säuren genannt. Sie besitzen die weitere Eigenschaft, daß sie blaue Pflanzenfarben in Roth verändern. Im Gegensatz hierzu steht eine Reihe anderer Verbindungen, die sogenannten Basen, welche sich ebenfalls auszeichnen durch einen eigenthümlichen Geschmack, den man den alkalischen nennt, sowie dadurch, daß sie die durch eine Säure geröthete Pflanzenfarbe wieder in Blau zurückführen. Ursprüngliche blaue Pflanzenfarben werden von den basischen Körpern in Grün und gelbe in Braun umgewandelt.

Merkwürdig ist es jedoch, daß saure und basische Verbindungen, im Verhältnisse ihrer Atomgewichte zusammengebracht, sich vereinigen zu neutralen Verbindungen, d. h. solchen, die weder sauer noch basisch schmecken, noch einen Einfluß auf die Pflanzenfarben äußern.

Indifferente Körper sind diejenigen Verbindungen, die, ohne aus der Vereinigung von Säuren und Basen hervorgegangen zu sein, weder deren Ge-

schmack noch Einwirkung auf Pflanzenfarben haben, und überdies keine hervorragende chemische Verwandtschaft äußern, wie z. B. der Zucker.

Der Chemiker bedient sich kleiner Papierstreifen, die durch blaue oder rothe Lackmustinctur entsprechend gefärbt sind, der sogenannten Reagenzpapiere, um zu prüfen, ob ein Körper sauer, basisch oder neutral ist.

Endlich erscheint es bei manchen Stoffen und Verbindungen von Interesse, den Preis derselben zu kennen, und wir werden denselben beifügen, obgleich dieser selbstverständlich eine veränderliche Größe ist.

Zersetzungs-Schema. Im Verlauf der Darstellung der Chemie wird 23
von einer großen Anzahl chemischer Zersetzungen die Rede sein. So oft es sich darum handelt, irgend ein Element oder eine chemische Verbindung darzustellen, werden gewisse Materialien dazu verwendet, und es entstehen in Folge des chemischen Processes hieraus neue Producte. In §. 9 wurde bereits gesagt, daß wir nicht aus allgemein gültigen Gesetzen im Voraus den Erfolg bestimmen können, der aus der chemischen Einwirkung verschiedener Stoffe hervorgeht, daß wir vielmehr durch die Erfahrung hierüber belehrt werden. Das Studium der Chemie besteht daher wesentlich darin, die wichtigeren chemischen Processe in ihrem Verlauf genau zu verfolgen und kennen zu lernen. Hierzu dient uns die Beschreibung derselben, sodann der Versuch oder das Experiment, welches die Stoffe und Erscheinungen uns lebendig vor Augen führt, ferner die Abbildung der hierzu dienlichen Geräthe oder Apparate. Alles dies muß zu Hülfe genommen werden, um die chemische Thatsache dem Gedächtniß fest einzuprägen.

Eine vorzüglich klare Einsicht in den chemischen Zersetzungsproceß verleiht uns jedoch die Aufstellung der Formeln, ein sogenanntes Schema, welches denselben aufs Genaueste darstellt. Es kann dieses in mehrfacher Weise geschehen, und fast ein jeder Chemiker entwirft sich sein eigenes Schema. Ein Beispiel wird das Gesagte am besten erläutern.

Um den schon oft erwähnten Chlorwasserstoff = ClH zu erhalten, werden 2 Mol. Kochsalz = Na_2Cl_2 mit 1 Mol. Schwefelsäurehydrat = SO_3, H_2O übergossen und der Destillation unterworfen. Als Nebenproduct entsteht Schwefelsaures Natron = Na_2O, SO_3.

Das einfachste Schema ist die Darstellung der Zersetzung in Form einer Gleichung zwischen dem verwendeten Material und den entstandenen Producten.

Schema 1:

Material:		Producte:	
Kochsalz,	Schwefelsäure.	Chlorwasserstoff,	Schwefelsaures Natron.

$$\overbrace{Na_2Cl_2} + \overbrace{SO_3, H_2O} = \overbrace{Cl_2H_2} + \overbrace{Na_2O, SO_3}$$

Oder man ordnet diejenigen Bestandtheile des Materials unter einander, welche sich verbinden, zieht dann einen starken senkrechten Strich, welcher die Zersetzung andeutet, und jederseits einen wagrechten, unter dem die Producte summirt

werden. Man kann sich hierzu, wie in Schema 2, der dualistischen, oder, wie in Schema 3, der empirischen Formeln bedienen:

Schema 2.

a. Vor der Zersetzung:

Na_2Cl_2 = 2 Mol. Kochsalz
SO_3, OH_2 = 1 „ Schwefelsäure

b. Nach der Zersetzung:

Na_2	Cl_2
SO_3O	H_2
Na_2O, SO_3 = 1 Mol. Schwefelsaures Natron.	2 ClH = 2 Mol. Chlorwasserstoff.

Schema 3.

a. Vor der Zersetzung:

H_2SO_4 = 1 Mol. Schwefelsäure
Cl_2Na_2 = 2 „ Kochsalz

b. Nach der Zersetzung:

H_2	SO_4
Cl_2	Na_2
2 ClH = 2 Mol. Chlorwasserstoff.	Na_2SO_4 = 1 Mol. Schwefelsaures Natron.

Eine erhöhte Bedeutung erhalten die Zersetzungsschema dadurch, daß sie zugleich auf das Genaueste Rechenschaft geben darüber, in welchen Gewichtsverhältnissen der chemische Proceß sich vollzieht und die entstehenden Producte sich ergeben. Denn nach §. 17 stellt jedes der in den obigen Formeln verwendeten Zeichen zugleich die Gewichtsmenge dar, in welcher das betreffende Element an der chemischen Zersetzung sich betheiligt. Wir brauchen daher nur, wie dies bei Schema 4 geschehen ist, die Atomgewichte unter die Zeichen zu setzen und dieselben zu addiren, um zu erfahren, wieviel Gewichtstheile von jedem Körper zu dem Versuch zu verwenden sind und wieviel an Producten erhalten wird.

Schema 4:

Kochsalz u.	Schwefelsäure,	geben	Chlorwasserstoff u.	Schwefelsaur. Natron.
Na_2 Cl_2	S O_3, H_2 O	=	Cl_2 H_2	Na_2 O, S O_3
46 70	32 48 2 16		70 2	46 16 32 48
116	98		72	142

Wir verwenden daher:

Kochsalz	116 Gewichtsthle.
Schwefelsäure	98 „
Zusammen	214 Gewichtsthle.

und erhalten an Producten:

Chlorwasserstoff	72 Gewichtsthle.
Schwefelsaur. Natron	142 „
Zusammen	214 Gewichtsthle.

24 Es sind bisher die wichtigsten Vorbegriffe erläutert worden, welche zum Verständniß der chemischen Erscheinungen nothwendig sind. Ein weiteres Eingehen auf die Gesetze der Chemie und die Theorie derselben erscheint erst dann zweckmäßig, wenn man mit den chemischen Stoffen und ihren Verbindungen genauer bekannt geworden ist. Bevor wir zu dem Studium dieser übergehen, beschränken wir uns, den einleitenden Theil mit einigen Betrachtungen zu schließen, die von großer Bedeutung für die Gesammtanschauung der Natur und insbesondere der Erde und ihres Bereiches sind.

Die Erde sammt ihrer Atmosphäre bildet ein aus einer gewissen Anzahl einfacher Stoffe bestehendes Ganzes. Diese Stoffe sind in sehr ungleichen

Mengen und meist nur in gegenseitigen Verbindungen vorhanden; sie bilden die unendliche Mannichfaltigkeit der Gegenstände um uns her. Denn gleichsam wie wir mit den wenigen Zeichen des Alphabets durch veränderte Zusammenstellung eine unendliche Anzahl von Wörtern der verschiedensten Sprachen zu bilden vermögen, so stellen dieselben Stoffe, in verschiedenen Gruppen vereinigt, Alles ohne Ausnahme dar, was nur als ein Theil der Materie in irgend einer Form und Weise wahrnehmbar ist.

Von der zur Erde gehörigen Materie verliert dieselbe nicht das kleinste Theilchen. Wenn wir tausend Centner Holz verbrennen, so verändern wir dadurch nur die Art, in welcher die Bestandtheile des Holzes verbunden waren. Statt zu festem und sichtbarem Holze ordnen sich während des Verbrennens seine Bestandtheile zu neuen, gasförmigen und deshalb unsichtbaren Verbindungen, sie verschwinden aber nicht aus dem Weltraum, selbst nicht einmal aus dem Bereich der Erde. Ja, wir werden in der Lehre von der Ernährung der Pflanzen nachweisen, wie dieselben jetzt in gasförmiger Verbindung in die Luft übergegangenen Bestandtheile des verbrannten Holzes wieder in derjenigen Weise vereinigt werden können, daß sie in der Form von Holz sich darstellen.

Nicht ein einziges Theilchen der Materie kann vernichtet werden, aber ebenso wenig sind wir im Stande, ein solches hervorzubringen, zu schaffen. Wenn daher von der Bereitung oder Darstellung eines Körpers die Rede ist, so kann dies natürlich nichts anderes heißen, als diesen Körper aus einer chemischen Verbindung, in welcher er bereits vorhanden ist, abscheiden, oder denselben aus seinen gegebenen Bestandtheilen zusammensetzen.

Ein Schwefelatom bleibt ewig und unvertilgbar stets dasselbe Schwefelatom, und nur indem es chemisch mit anderen Stoffen sich verbindet, verschwindet es als solches für unsere sinnliche Wahrnehmung. Aber sogleich tritt es mit seiner vollen Eigenthümlichkeit wieder hervor, wenn wir es aus seinen Verbindungen befreien.

Eintheilung der Chemie. Die Chemie wird eingetheilt in die 25
Unorganische Chemie und in die Organische Chemie. Die Unorganische Chemie handelt von den einfachen Stoffen und ihren Verbindungen, die entweder als Minerale sich vorfinden oder aus denselben bereitet werden.

Die Organische Chemie begreift diejenigen chemischen Verbindungen, welche in dem Körper der Pflanzen oder Thiere bereits fertig gebildet vorkommen oder aus solchen abgeleitet werden, und die sich dadurch charakterisiren, daß sie ohne Ausnahme Kohlenstoff enthalten. Man hat daher auch die Organische Chemie als die der kohlenstoffhaltigen chemischen Verbindungen bezeichnet.

Wenn auch die vorstehende Eintheilung des chemischen Gebietes nicht in ganzer Strenge durchzuführen ist, da manche Verbindungen ebensowohl der ersten als der zweiten Abtheilung angehören, so erleichtert sie doch wesentlich Studium und Uebersicht der Wissenschaft.

I. Unorganische Chemie.

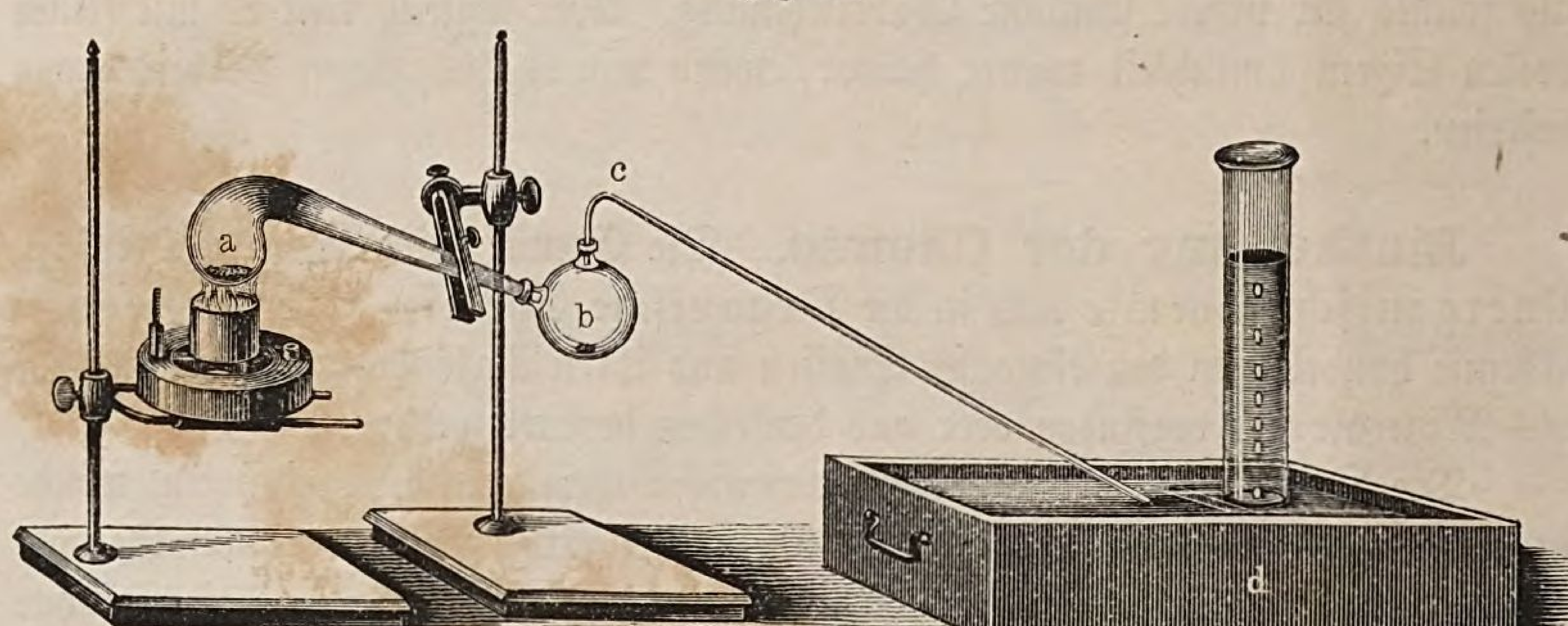
A. Metalloïde.

Sauerstoff.

Oxygenium; $O = 16$; spec. Gew. = 1,1056; 1 Liter (= 1000 Kubikcentimeter) wiegt 1,43028 Gramm; entdeckt 1774 von Priestley und Scheele.

26 Der Sauerstoff findet sich in der Natur sehr reichlich und allgemein verbreitet, jedoch niemals in reinem oder unverbundenem Zustande. So z. B. besteht der Braunstein, ein häufig anzutreffendes Mineral, aus Mangan und Sauerstoff = $Mn\,O_2$; erhitzt man denselben in einer eisernen Röhre bis zum Rothglühen, so wird derselbe zersetzt, indem ein Drittel seines Sauerstoffs abgeschieden wird. Andere sauerstoffhaltige Verbindungen liefern jedoch dieses Element in reinerm Zustande und auf bequemere Weise. Wenn in der kleinen Retorte *a*, Fig. 2, Quecksilberoxyd (= $Hg\,O$) erhitzt wird, so zersetzt es sich

Fig. 2.

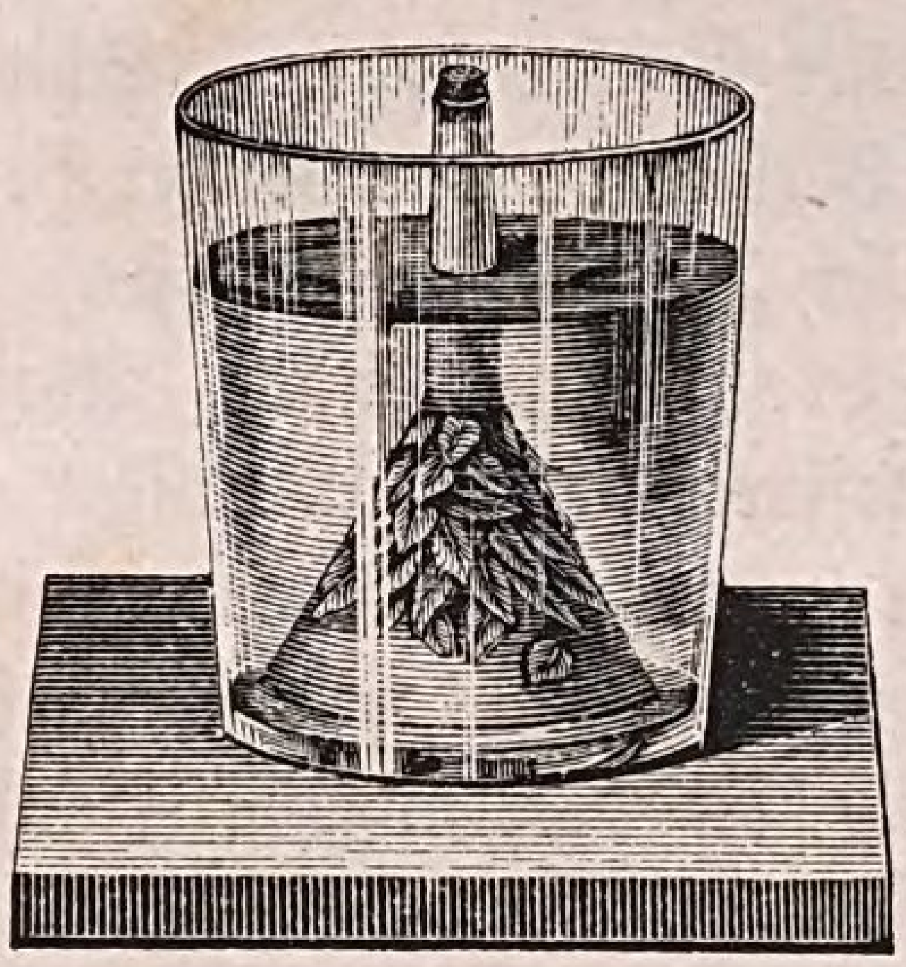


in seine Bestandtheile. Das Quecksilber sammelt sich in dem Kolben *b*, während der gasförmige Sauerstoff durch das Glasrohr *c* in den mit Wasser gefüllten, mit der Oeffnung nach unten gerichteten und in Wasser eingetauchten Cylinder tritt. Für jede eintretende Gasblase fließt eine entsprechende Menge von Wasser aus, bis endlich das cylinderförmige Glasgefäß ganz mit Sauerstoff angefüllt ist. Aehnlicher Vorrichtungen bedient man sich überhaupt, um Gase aufzufangen.

In der Regel stellt man den Sauerstoff aus dem Chlorsauren Kali $= K_2O, Cl_2O_5$ dar, das 39 Procente Sauerstoff enthält und leicht durch Erhitzung zersetzt wird, besonders, wenn man demselben etwas gepulverten Braunstein beigemengt hat.

Alle grünen Pflanzentheile sondern im Sonnenlicht Sauerstoff aus. Bringt man einen noch mit der Pflanze zusammenhängenden beblätterten Zweig,

Fig. 3.



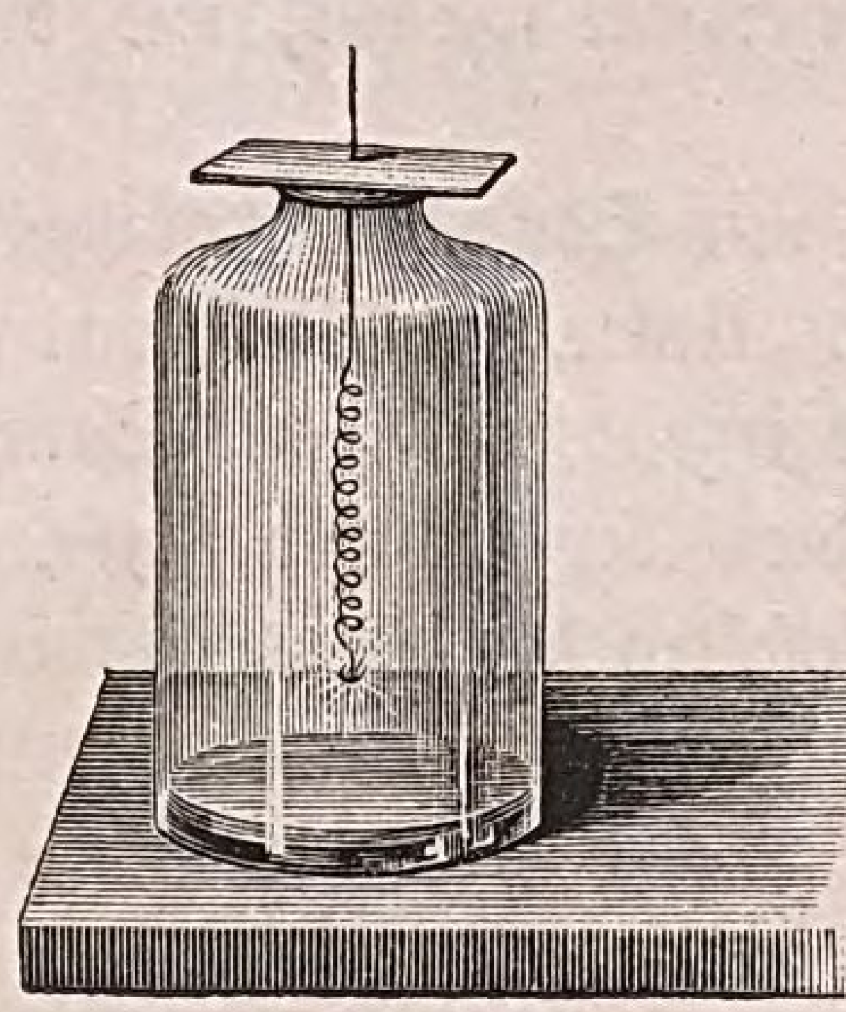
oder eine Partie frischer Blätter, wie Fig. 3, unter einem mit Wasser gefüllten und verstopften Trichter ins Sonnenlicht, so sammeln sich in dessen Spitze nach und nach kleine Luftbläschen, die reines Sauerstoffgas sind. Selbst an mikroskopisch kleinen Pflänzchen, die früher für Infusionsthiere gehalten wurden, hat man die Absonderung von Sauerstoff beobachtet.

Der Sauerstoff ist ein Gas, geruch- und farblos, wie die uns umgebende Luft. Er unterscheidet sich von derselben jedoch leicht durch die außerordentliche Lebhaftigkeit, mit welcher angezündete Körper in demselben brennen. Taucht man z. B. in den mit Sauerstoff gefüllten Cylinder einen nur kaum glimmenden Spahn, so entflammt er augenblicklich und brennt aufs Lebhafteste weiter. Phosphor verbrennt mit blendend weißem, dem Sonnenglanz gleichen, der Schwefel mit schön blauem Licht. Kohlensplitter und gewundene dünne Stahlstreifen, die am Ende glühend gemacht und dann in jenes Gas gesteckt werden, verbrennen vollständig, indem sie herrliche Funken umhersprühen. Siehe Fig. 4 und 5.

Fig. 4.



Fig. 5.



Diese Erscheinungen beruhen auf der großen Verwandtschaft des Sauerstoffs zu jenen Stoffen. Das Verbrennen selbst ist nichts anderes, als die vor sich gehende Verbindung derselben mit Sauerstoff, in deren Folge bei den oben angeführten Versuchen Kohlensäure, CO_2, Schweflige Säure, SO_2, Phosphorsäure, P_2O_5, und Eisenoxyd, Fe_2O_3, entstehen.

Da bei weitem die meisten Minerale Sauerstoff enthalten, da er 30 bis 50 Procent von der Masse der Pflanzen- und Thierkörper ausmacht und überdies in je 9 Pfund Wasser 8 Pfund, also $^8/_9$ seines Gewichts Sauerstoff enthalten sind, so ist nicht nur einer der verbreitetsten, sondern auch in größter Menge vorhandener Körper. Man darf wohl annehmen, daß er die Hälfte vom Gewicht der bekannten Erdmasse ausmacht.

Noch ist es wesentlich zu bemerken, daß die Atmosphäre ein Gemenge von

Sauerstoff mit einem andern Gase, dem Stickstoff, ist. In je 5 Maaß Luft ist 1 Maaß Sauerstoff enthalten, weshalb er $^1/_5$ der ganzen Atmosphäre beträgt.

Es folgt hieraus die wichtige Thatsache, daß alle in der Luft befindlichen Stoffe dem Einfluß des in ihr enthaltenen Sauerstoffs ausgesetzt sind, der vermöge seiner Verwandtschaft beständig dahin strebt, mit denjenigen Stoffen, die noch nicht oder nur zum Theil mit Sauerstoff verbunden sind, chemische Verbindungen einzugehen. Dieser Stoff ist daher die Ursache einer Menge immerwährend um uns und in uns vorgehender chemischer Erscheinungen. Sind die Umstände besonders günstig, so geht die chemische Verbindung mit solcher Heftigkeit vor sich, daß dabei sehr viel Wärme und endlich Licht entwickelt wird, oder diejenige Erscheinung eintritt, die man eine **Verbrennung** nennt. Aber in bei weitem den meisten Fällen geht die Sauerstoffverbindung allmäliger und ohne Feuererscheinung vor sich. Es wird alsdann zwar auch Wärme entwickelt, allein sie vertheilt sich auf eine längere Zeit und wird dadurch weniger fühlbar. Das Rosten des Eisens, der Grünspan am Kupfer, die Gährung, die Fäulniß, das Verwesen, Vermodern, Verwittern, das Athmen der Menschen und Thiere, — alles dieses sind Erscheinungen, deren nächste Ursache der Sauerstoff ist. Bei allen entstehen neue Sauerstoffverbindungen und keine derselben kann stattfinden, wenn man den Sauerstoff ausschließt, ebenso wenig, als ohne Anwesenheit der sauerstoffhaltigen Luft ein Körper verbrennen kann.

27 Das Verbinden mit Sauerstoff wird **Oxydation** genannt. **Oxydiren** heißt daher mit Sauerstoff verbinden und **Oxyd** so viel als Sauerstoffverbindung. Da der Sauerstoff mit den meisten übrigen Stoffen in mehreren Verhältnissen sich verbindet, so unterscheidet man verschiedene **Oxydationsstufen**, die durch besondere Namen bezeichnet werden, wie dies die nachfolgenden Beispiele erkennen lassen.

Die Metalloïde bilden mit Sauerstoff vorzugsweise **saure**, die Metalle vorzugsweise **basische** Oxyde. Unter dem **Radical** einer Sauerstoffverbindung versteht man ganz allgemein irgend einen mit Sauerstoff verbundenen Körper. So ist der Schwefel das Radical der Schwefelsäure, SO_3.

Die allgemeinen Eigenschaften der Sauerstoffverbindungen, sowie ihre Benennungsweise, geben wir am zweckmäßigsten in Form der folgenden Tafel:

Uebersicht der Sauerstoffverbindungen.

1. Säuren.

	Stufe.	Beispiel.	Formel.	Allgemeine Eigenschaften.
1.	Untere Stufe	Schweflige Säure Salpetrige Säure Chlorige Säure Phosphorige Säure	SO_2 N_2O_3 Cl_2O_3 P_2O_3	Schwache Säuren; werden von den meisten Säuren der folgenden Stufe aus ihren Verbindungen ausgeschieden; nehmen aus der Luft Sauerstoff auf und verwandeln sich in Säuren der folgenden Stufe.
2.	Mittlere Stufe	Schwefelsäure Salpetersäure Chlorsäure Phosphorsäure Mangansäure	SO_3 N_2O_5 Cl_2O_5 P_2O_5 MnO_3	Starke Säuren; häufig ätzend; an der Luft meist unveränderlich; beim Erwärmen zersetzen sich manche wie die folgenden.
3.	Höchste Stufe	Ueberchlorsäure Uebermangansäure	Cl_2O_7 Mn_2O_7	Schwächere Säuren zersetzen sich beim Erhitzen leicht in Sauerstoff und eine niedere Oxydationsstufe.

2. Basen.

	Stufe.	Beispiel.	Formel.	Allgemeine Eigenschaften.
1.	Das Oxydul	Eisenoxydul Manganoxydul Quecksilberoxydul	FeO MnO Hg_2O	Schwache Basen; werden von den meisten Oxyden aus ihren Verbindungen ausgeschieden; nehmen aus der Luft begierig Sauerstoff auf u. verwandeln sich in Oxyde.
2.	Das Oxyd	Kaliumoxyd Natriumoxyd Eisenoxyd Manganoxyd Bleioxyd Quecksilberoxyd	K_2O Na_2O Fe_2O_3 Mn_2O_3 PbO HgO	Starke Basen; häufig ätzend; gehen für sich an der Luft nicht in höhere Oxydationsstufen über. Die Oxyde der schweren Metalle sind in Wasser unlöslich.
3.	Das Ueberoxyd	Manganüberoxyd Bleiüberoxyd	MnO_2 PbO_2	Weder sauer noch basisch; zersetzen sich beim Erhitzen in Sauerstoff und in Oxyd.

28 Außer diesen Hauptoxydationsstufen finden wir bei manchen Stoffen noch Zwischenstufen, wie z. B. die Unterschweflige Säure, S_2O_2, und Unterschwefelsäure, S_2O_5, die in der Regel schwächere, leichter zersetzbare Säuren sind. Aehnlich begegnen wir bei einigen Metallen einem Suboxyd und Oxyduloxyd, z. B. Bleisuboxyd, Pb_2O, und Eisenoxydul-Oxyd, Fe_3O_4, die keinen besonders ausgesprochenen chemischen Charakter haben.

Obgleich die Nichtmetalle mit Sauerstoff vorzugsweise Säuren bilden, so giebt es doch einige niedere Oxyde derselben, die weder sauer noch basisch sind, wie z. B. Wasser, H_2O, Stickstoffoxyd, N_2O_2, Kohlenoxyd, CO, u. a. m. Auf der andern Seite finden wir, daß, während die meisten Metalloxyde Basen sind, doch einige höhere Oxyde derselben ganz als Säuren sich verhalten, wie Mangansäure, MnO_3, Chromsäure, CrO_3, Antimonsäure, SbO_5, u. s. w.

Von verschiedenen Säuren gilt diejenige als die stärkere, welche die anderen aus ihren Verbindungen mit den Basen zu trennen und an deren Stelle zu treten vermag.

29 Man war lange Zeit der Meinung, der Sauerstoff sei gleichsam ein säurebildendes Princip, und von dieser Vorstellung hat er auch seinen Namen erhalten. Seitdem man jedoch weiß, daß es auch sehr starke Säuren giebt, die keinen Sauerstoff enthalten, und daß derselbe mit den Metallen die stärksten, den Säuren

Fig. 7.

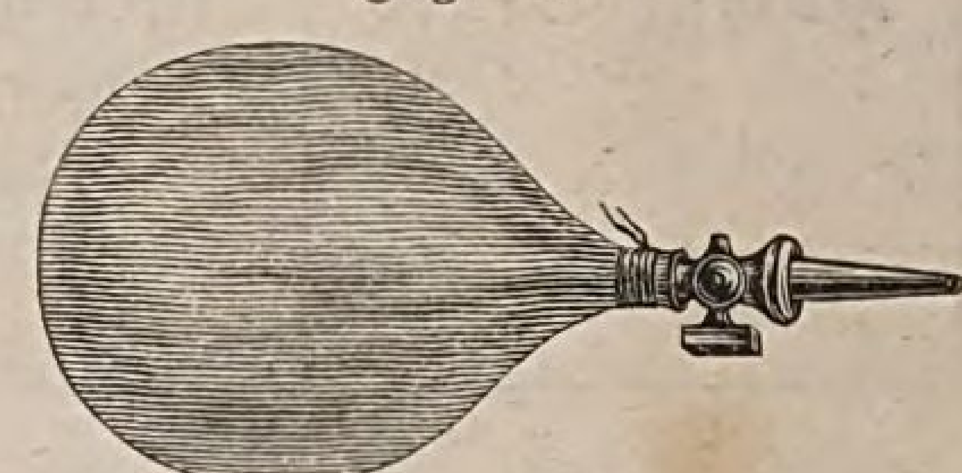


Fig. 6.

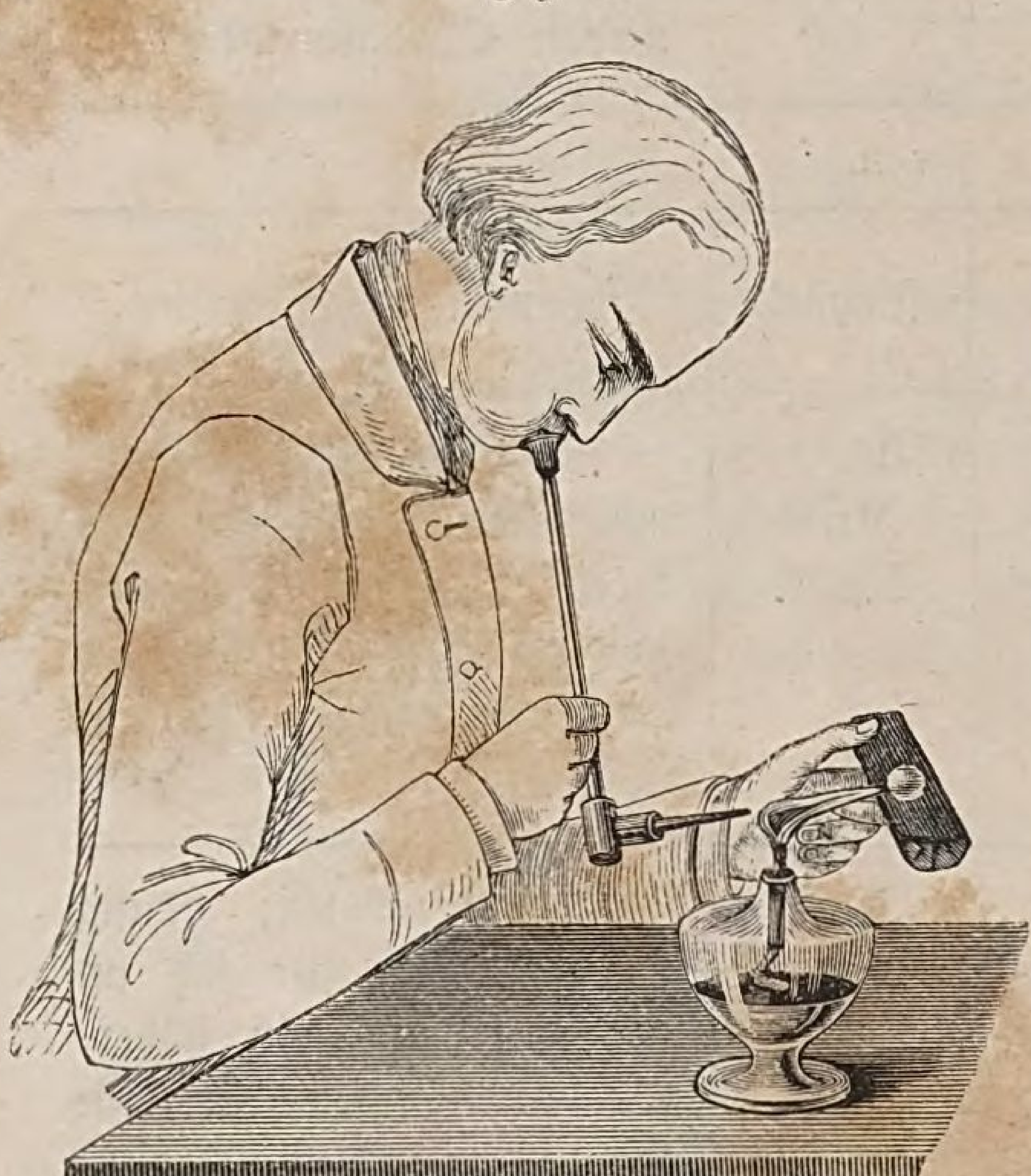
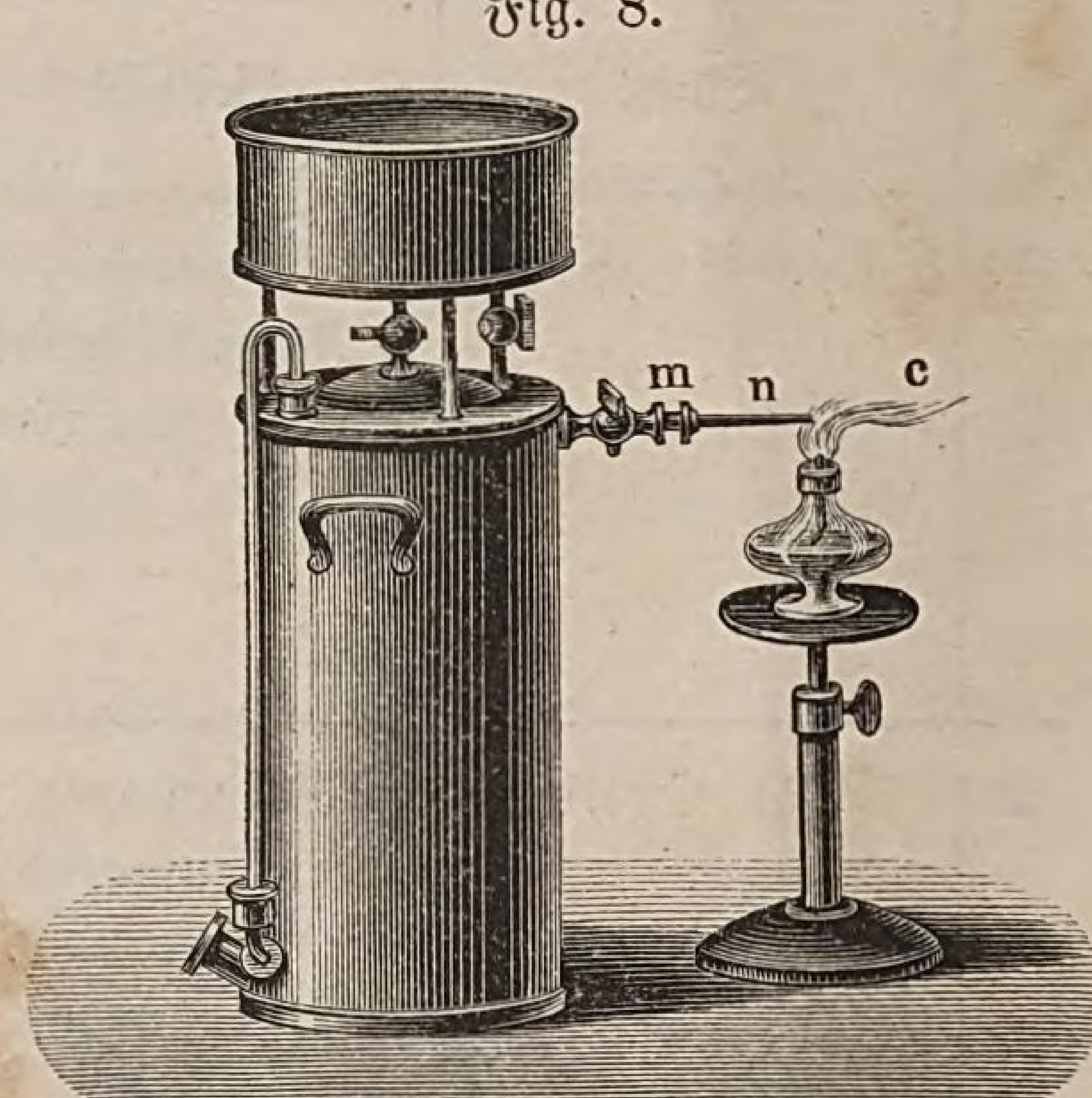


Fig. 8.



gerade entgegengesetzte Basen bildet, hat jene Benennung ihre Bedeutung verloren. Uebrigens unterscheidet man unter dem Namen der Sauerstoffsäuren die jenes Element enthaltenden Säuren.

Mit Recht steht der Sauerstoff an der Spitze der einfachen Stoffe, da er

sowohl durch seine kraftvolle Verwandtschaft, als auch durch sein vielseitiges und massenhaftes Auftreten der wichtigste und einflußreichste aller einfachen Stoffe ist. Insbesondere beruhen auf der Mitwirkung des Sauerstoffs zwei der gewöhnlichsten, zugleich aber auch wichtigsten Processe, nämlich das Athmen und die Verbrennung.

Sowohl bei dem Menschen als auch bei den Thieren besteht das Athmen wesentlich darin, daß aus der Luft eine gewisse Menge Sauerstoff aufgenommen wird; derselbe äußert eine tiefgreifende Wirkung auf die Beschaffenheit des Blutes, von welcher die Erregung der Körperwärme ausgeht. In Luft, die keinen Sauerstoff enthält, sterben Menschen und Thiere in wenig Augenblicken.

Ebenso nimmt ein jeder verbrennender Körper Sauerstoff aus der Luft auf und wir suchen die Verbrennung zu begünstigen durch Erleichterung des Luftzutritts; wir steigern ihre Lebhaftigkeit durch das Zublasen von Luft, sei es nun, daß dieses im Kleinen durch das Löthrohr, Fig. 6, geschieht, oder durch Blasebälge und andere Gebläsevorrichtungen im Großen. Die Hitze einer Flamme wird jedoch außerordentlich erhöht, wenn man in dieselbe reines Sauerstoffgas einbläst, das entweder in einer Blase, Fig. 7, oder in einem Gasometer, Fig. 8, sich befindet und durch eine feine Spitze mitten in eine Weingeist- oder Gasflamme ausströmt. In der hierdurch erzeugten Flamme schmelzen mit Leichtigkeit die schwerst-schmelzbaren Körper, wie z. B. Platin; ein stählerner Strickdraht verbrennt darin rasch mit dem schönsten Funkensprühen.

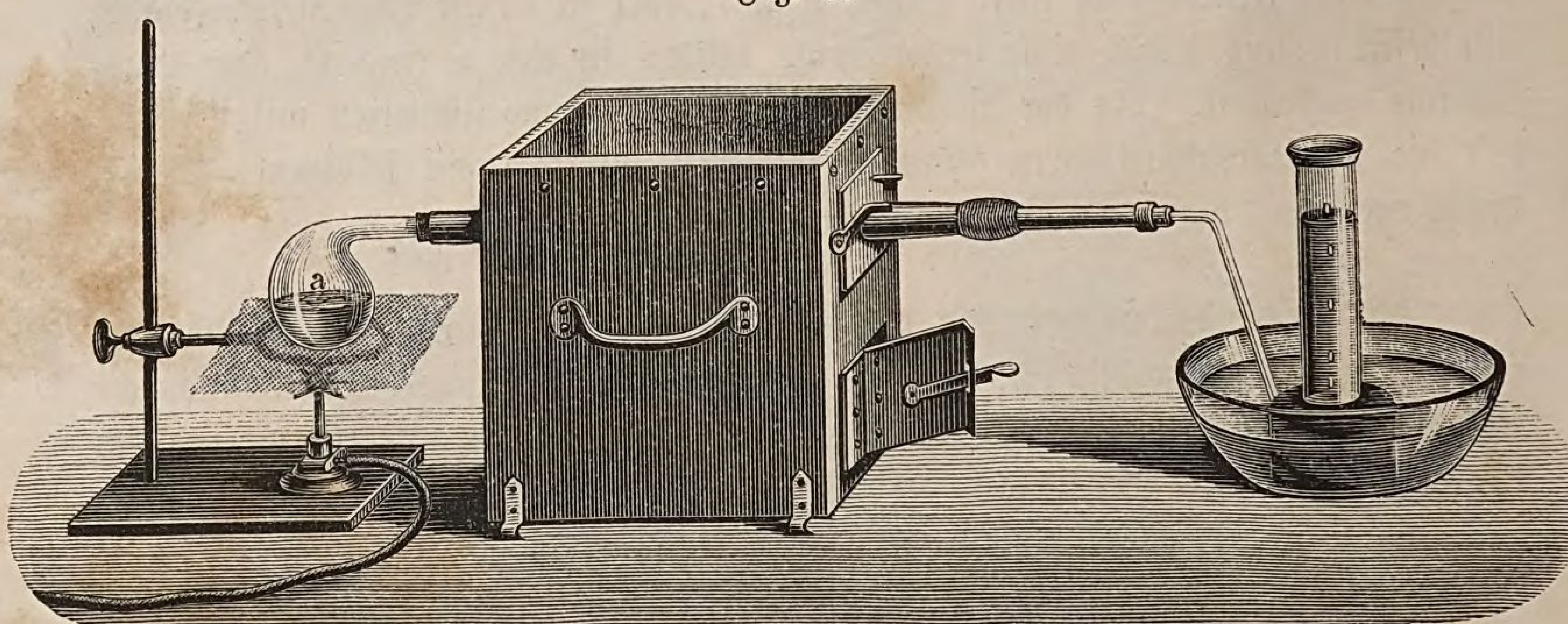
Activer Sauerstoff; Ozon. Wenn man durch eine Flasche die 30
mit Sauerstoffgas gefüllt ist, längere Zeit lebhafte elektrische Funken hindurchschlagen läßt, so erleidet das Gas eine Raumverminderung und nimmt zugleich den eigenthümlichen Geruch an, der sich in der Umgebung einer starken Elektrisirmaschine fühlbar macht, sobald dieselbe in Umdrehung gesetzt wird. Es findet hierbei eine Verdichtung des Sauerstoffs von 3 auf 2 Raumtheile Statt. Der also verdichtete Sauerstoff ist Ozon, d. i. Riechstoff, genannt worden und es hat dieses noch weitere merkwürdige Eigenschaften; insbesondere übt das Ozon eine rasche und kräftige oxydirende Wirkung aus, indem es z. B. das Silber oxydirt, das schwarze Schwefelblei, PbS, in schwefelsaures Bleioxyd, PbO, SO_3, verwandelt und den Indigo und andere Farben bleicht. Daher die Benennung „activer Sauerstoff“. Am auffallendsten ist seine Wirkung auf ein Gemenge von Jodkalium mit Stärkekleister; damit bestrichenes Papier, sogenanntes Ozonpapier, wird in Berührung mit jenem Gas augenblicklich dunkelviolett gefärbt. Eine Bildung von Ozon geht ferner jeder langsam stattfindenden Oxydation vorher. Dies giebt der sofort auftretende Ozongeruch zu erkennen, wenn man Luft über feuchten Phosphor leitet; auch Terpentinöl, in Berührung mit Luft oder Sauerstoff, verwandelt einen Theil des letztern in Ozon. Es ist bis jetzt noch in keiner Weise gelungen, eine gegebene Menge Sauerstoff vollständig in Ozon überzuführen. Kleine wechselnde Mengen desselben sind stets in der Atmosphäre vorhanden und nachweisbar durch Ozonpapier.

Wasserstoff.

Hydrogenium; H = 1; spec. Gew. 0,0692; 1 Liter wiegt 0,0895 Gramm; entdeckt 1766 von Cavendish.

31 Der Wasserstoff ist in der Natur reichlich vorhanden, doch trifft man ihn niemals in freiem Zustande. Meist ist er mit Sauerstoff zu einem Körper verbunden, den wir Wasser nennen, das bekanntlich nicht selten ist und dessen Zusammensetzung durch die Formel H_2O ausgedrückt wird. Wir bedienen uns immer dieser Verbindung, um Wasserstoff darzustellen, und benutzen hierzu die Neigung einiger Metalle, das Wasser zu zersetzen, d. h. sich mit dessen Sauerstoff zu verbinden und den Wasserstoff frei zu machen. Die leichten Metalle Kalium und Natrium thun dies schon bei gewöhnlicher Temperatur, das Eisen dagegen erst bei Glühhitze. Letzteres geschieht, indem man Wasser in der Retorte *a*, Fig. 9, erhitzt, so daß die Dämpfe desselben durch einen eisernen Flinten-

Fig. 9.



lauf oder durch eine Röhre von Porzellan streichen, die mit kleinen eisernen Nägeln angefüllt und glühend gemacht worden sind. In diesem Falle verbindet sich der Sauerstoff mit dem Eisen zu Eisenoxyd (Fe_2O_3), und aus dem Gasentwickelungsrohre tritt der Wasserstoff und kann, wie dies beim Sauerstoff beschrieben wurde, aufgefangen werden.

Die bequemere und deshalb gewöhnlich befolgte Methode zur Darstellung des Wasserstoffs besteht darin, daß in einer Vorrichtung, Fig. 10, die man eine Gasentwickelungsflasche nennt, kleine Stücke von Zink mit Wasser und etwas Schwefelsäure übergossen werden. Aus Zink, Wasser und Schwefelsäure entstehen: Wasserstoff, der als Gas entweicht, und Schwefelsaures Zinkoxyd, das in dem Gefäße zurückbleibt.

Material:				Producte:	
Wasser	Schwefelsäure	Zink		Wasserstoffgas	Schwefelsaures Zinkoxyd
H_2O	SO_3	Z	=	H_2	SO_3, ZO

Der Wasserstoff ist ein farbloses, geruchloses Gas; zugleich ist er der leichteste aller Körper, denn 1 Maaß Wasserstoff wiegt vierzehnmal weniger als 1 Maaß atmosphärischer Luft, so daß ein damit angefüllter seidener Ball in der Luft aufsteigt, wie ein Korkstöpsel im Wasser; es diente daher früher zum Füllen der Luftbälle, wozu man gegenwärtig das wohlfeilere Leuchtgas verwendet.

Der Wasserstoff entzündet sich, wenn er mit einem glühenden Körper oder einer Flamme in Berührung kommt, und brennt mit schwach leuchtender Flamme, Fig. 11, aber unter Entwickelung einer sehr großen Hitze; er verbindet sich dabei mit dem Sauerstoff der Luft wieder zu Wasser. Hält man über die Flamme des Wasserstoffgases eine Glasröhre, Fig. 12, so entsteht ein eigenthümlicher, durchdringender Ton, weshalb diese Erscheinung die chemische Harmonika genannt wird. (Physik §. 137.)

In den Gewerben hat das Wasserstoffgas keine besondere Anwendung. Leitet man Wasserstoff über glühende Metalloxyde, z. B. Kupferoxyd, CuO, so werden dieselben desoxydirt oder reducirt, d. i. der Wasserstoff verbindet sich mit ihrem Sauerstoff zu Wasser, das in Dämpfen entweicht, während das reine Metall zurückbleibt. Zu solcher Sauerstoffentziehung (Desoxydation oder Reduction) wird es von den Chemikern häufig angewendet.

Fig. 12.

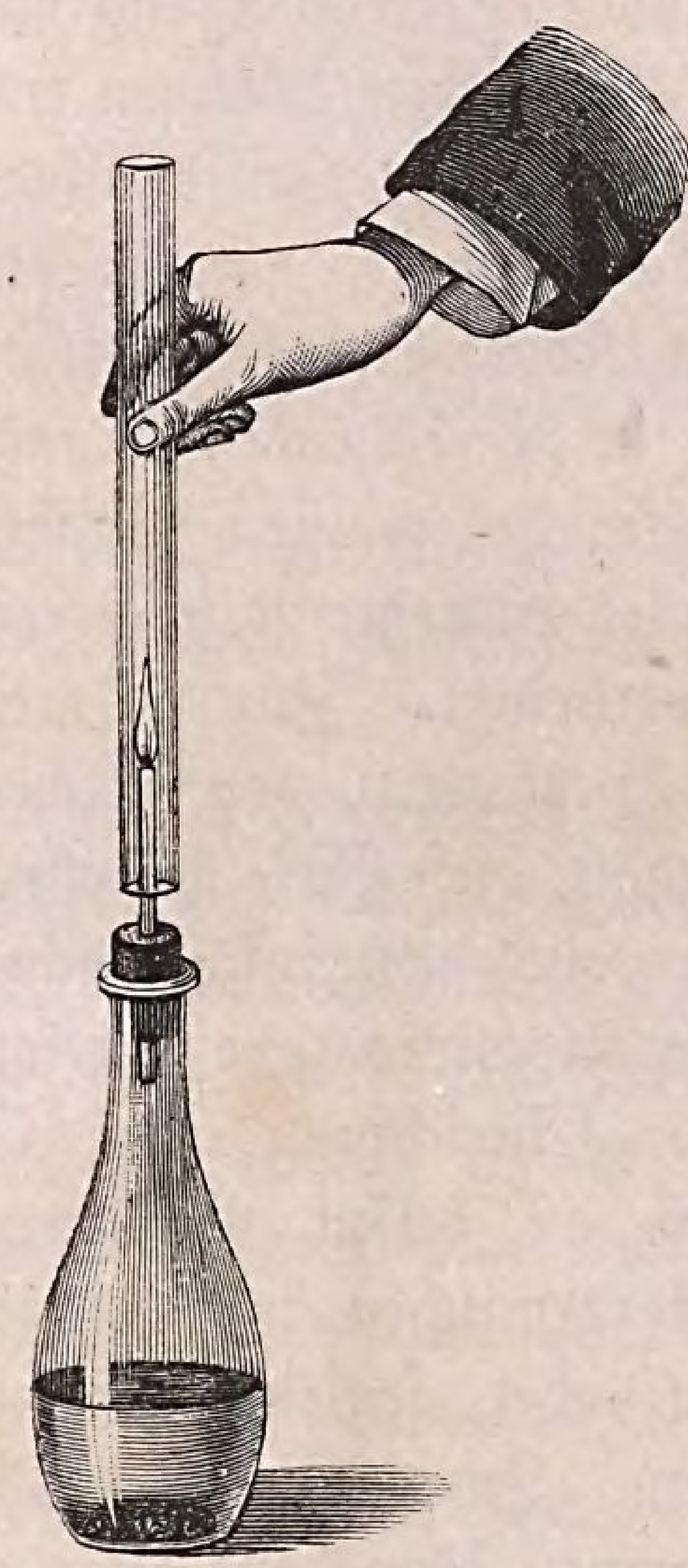


Fig. 10.

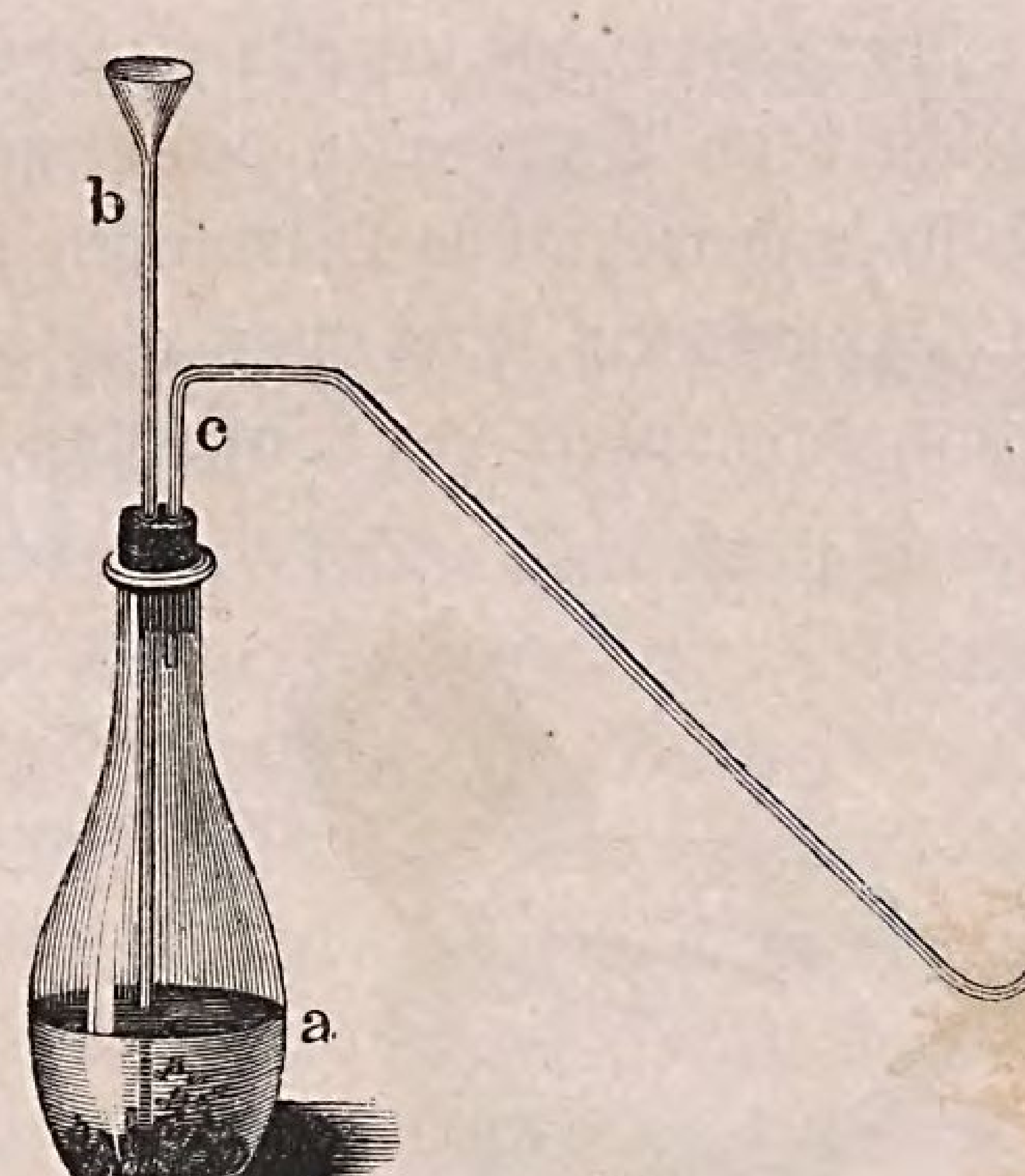


Fig. 11.



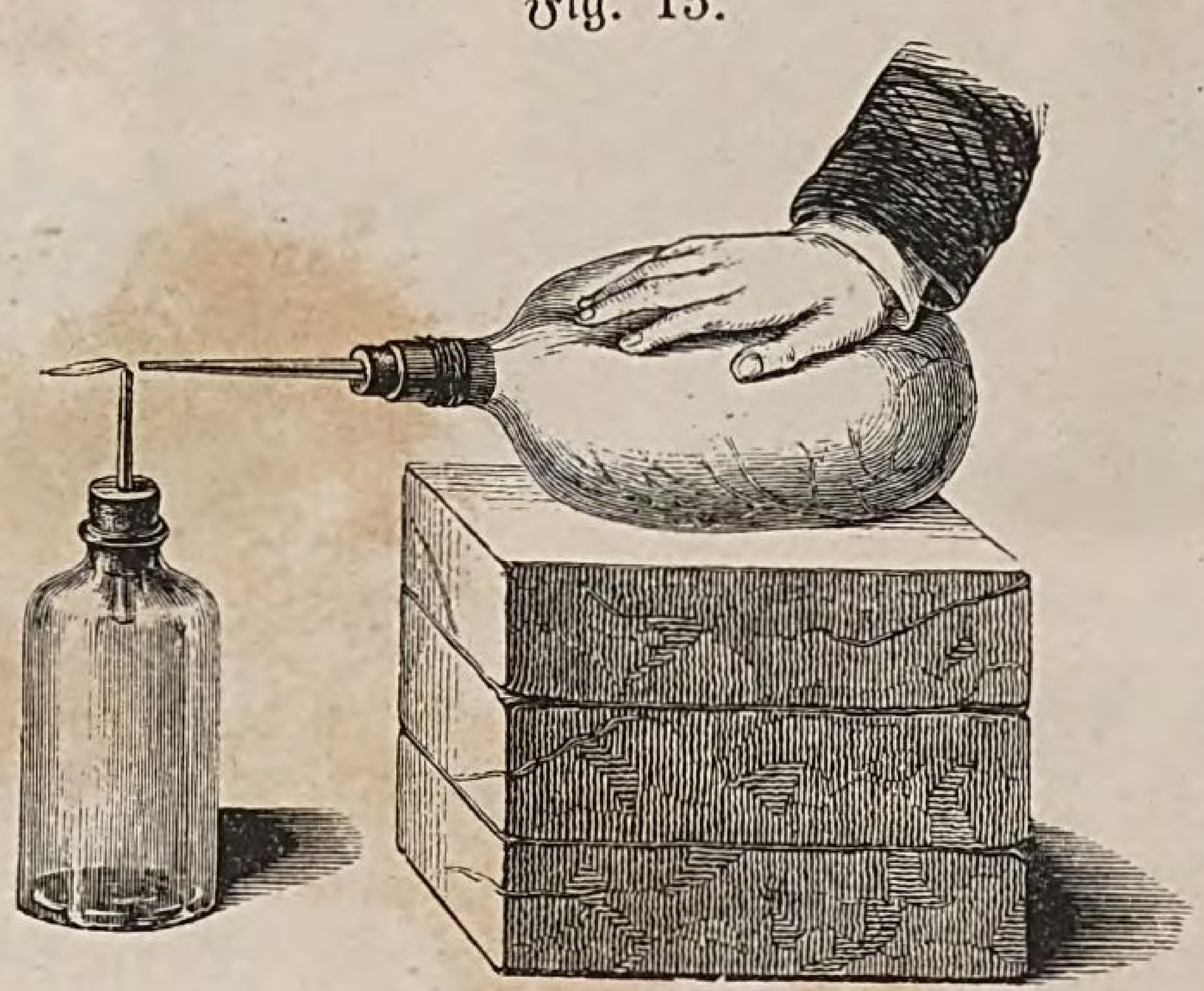
Verbindungen des Wasserstoffs. Der Wasserstoff verbindet 32
sich vorzugsweise mit den Nichtmetallen und man kennt kaum einige Verbindungen desselben mit Metallen. Er ist in allen Pflanzenstoffen (5 bis 6 Proc.) und Thierstoffen enthalten.

Mit Chlor, Brom, Jod, Fluor und einigen anderen Körpern bildet der Wasserstoff saure Verbindungen, die Wasserstoffsäuren heißen. Seine zunächst wichtige Verbindung ist jedoch das

Wasser oder Wasserstoffoxyd, $H_2O = 18$; spec. Gew. $= 1$.

Wenn man 2 Gewichtstheile Wasserstoff und 16 Gewichtstheile Sauerstoff, oder was dasselbe ist, zwei Volume des erstern und ein Volum des letztern Gases mit einander vermengt, so verbinden sie sich nicht. Ihre Vereinigung findet jedoch augenblicklich Statt, wenn man das Gemenge mit einem glühenden Körper berührt. Es findet dabei eine heftige Explosion, d. h. Feuerentwickelung mit starkem Knall, Statt, weil der Wasserdampf im Moment seiner Entstehung durch die Hitze außerordentlich ausgedehnt wird. Jenes Gasgemenge hat daher den Namen **Knallgas** erhalten, und Versuche mit demselben sind **sehr gefährlich** und stets nur im Kleinen anzustellen. Selbst eine Beimengung von atmosphärischer Luft zu Wasserstoff genügt, um beim Entzünden desselben eine Explosion hervorzurufen; bei Versuchen muß man daher das Wasserstoffgas längere Zeit ausströmen lassen, damit alle Luft verdrängt ist, bevor man es anzündet. Vermittelst geeigneter Vorrichtungen kann man jedoch größere Mengen Knallgas verbrennen und das dadurch gebildete Wasser in hinreichendem Maaße sammeln, um sich zu überzeugen, daß es alle Eigenschaften des reinsten Wassers besitzt. Die Hitze, welche beim Verbrennen des Knallgases entsteht, ist so außerordentlich groß, daß sie ungewöhnliche Wirkungen hervorbringt. Zur Vermeidung der gefährlichen Explosionen leitet man aus zwei Behältern, von welchen das eine den Sauerstoff, das andere den Wasserstoff enthält, diese Gase gesondert in ein gemeinschaftliches Ausströmungsrohr von solcher Einrichtung, daß sie erst an dessen Mündung sich vermischen, und daselbst entzündet, sogleich verbrennen. In dieser Knallgasflamme schmelzen Platindraht, Pfeifenthon, Quarz, Kalk und überhaupt die schwerst schmelzbaren Körper. Leitet man die Flamme auf zugespitzte Kreide, so wird dieselbe weißglühend und verbreitet ein blendendes, der Sonne ähnliches Licht, welches **Drummond's Licht** genannt und zur künstlichen Beleuchtung des Sonnenmikroskops, der Nebelbilder und zu Signalen angewendet wird.

Fig. 13.

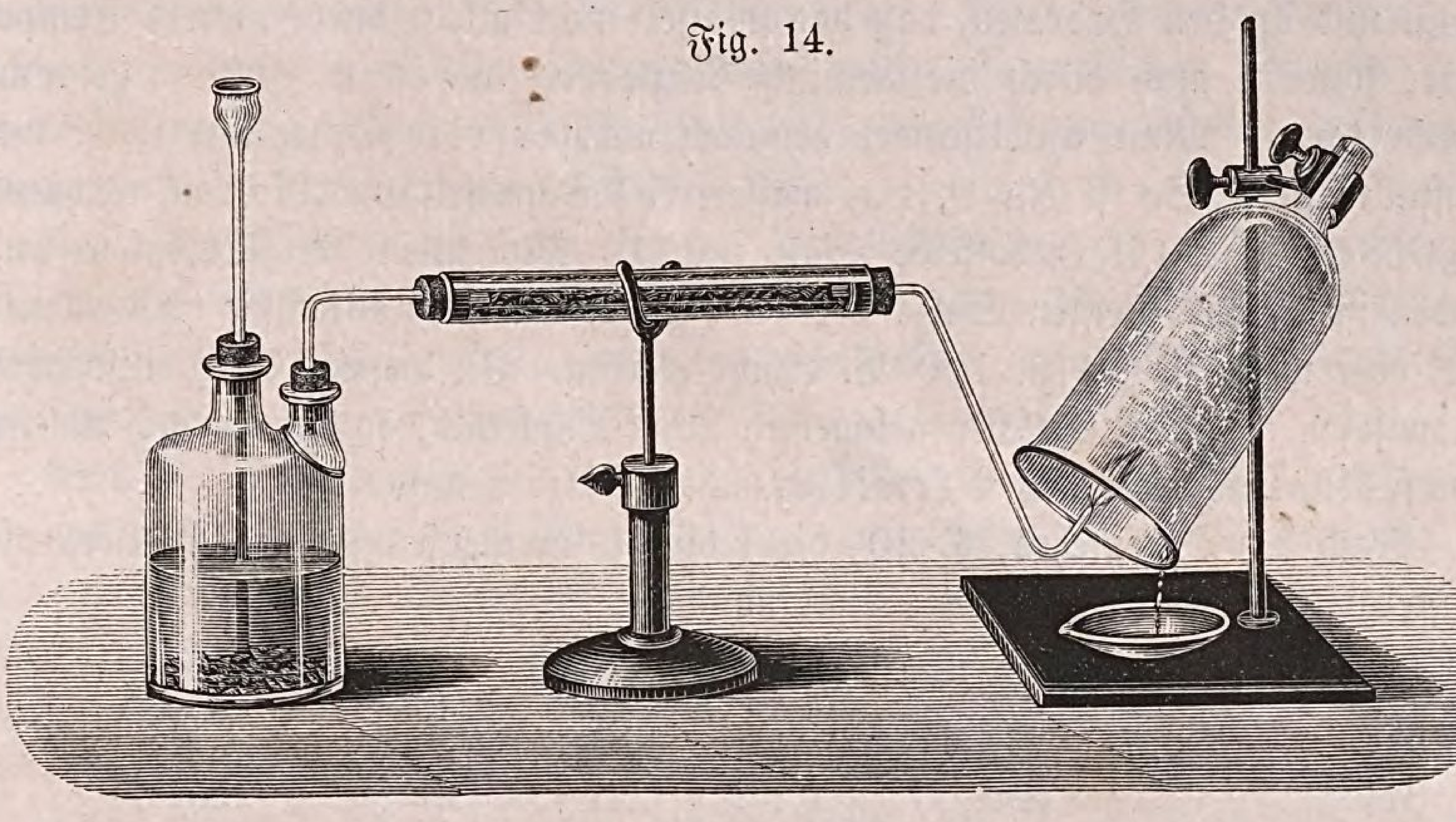


Ein sehr einfaches Verfahren zu Versuchen mit der Knallgasflamme ist in Fig. 13 abgebildet; in die Flamme des Wasserstoffgases wird der in einer Blase enthaltene Sauerstoff eingeblasen.

Um nachzuweisen, daß beim Verbrennen des Wasserstoffs wirklich Wasser entsteht, dient der Apparat Fig. 14. Aus der Entwickelungsflasche geht das

Wasserstoffgas zuerst durch ein mit Chlorcalcium gefülltes Rohr, wodurch ihm alle Feuchtigkeit entzogen wird, worauf man es anzündet und über die

Fig. 14.



Flamme eine Glasglocke hält. An den Wänden der letztern verdichten sich die entstandenen Wasserdämpfe zu sichtbaren Tropfen.

Chemische Eigenschaften des Wassers. Obgleich weder 33
sauer noch basisch, sondern neutral oder indifferent, hat das Wasser doch eine große Verwandtschaft zu vielen chemischen Verbindungen und zwar namentlich zu den Säuren und Basen. Seine Verbindungen mit denselben werden Hydrate genannt. In der Regel findet bei der Bildung der Hydrate eine Temperaturerhöhung Statt, weil das Wasser in einen dichtern Zustand übergeht, also einen Theil seiner gebundenen Wärme (Physik 171) abgeben muß. Beispiele sind die Erhitzung beim Vermischen von wasserfreier Schwefelsäure mit Wasser und beim Löschen des Kalkes.

Die Säuren werden in der Regel als Hydrate, z. B. Schwefelsäurehydrat, SO_3, H_2O, und nur selten in wasserfreiem Zustande angewendet. Wenn letzteres nicht besonders angeführt ist, so sind immer Hydrate gemeint, wenn von Säuren die Rede ist. Das Hydratwasser kann den Säuren nicht durch die Wärme, sondern nur dadurch entzogen werden, daß man es durch die stärkere Verwandtschaft eines Metalloxyds von der Säure abscheidet.

Die Basen oder Metalloxyde erhalten durch ihre Verbindung mit dem Wasser mitunter eigenthümliche Farben. So z. B. ist Eisenoxyd, Fe_2O_3, roth, dagegen Eisenoxydhydrat, Fe_2O_3, H_2O, gelb; Kupferoxyd, CuO, schwarz, sein Hydrat, CuO, H_2O, blau. Beim Erwärmen verlieren die meisten Oxyde ihre Hydratwasser, einige bei niederer, andere bei höherer Temperatur. Kalihydrat, K_2O, H_2O, und Natronhydrat, Na_2O, H_2O, geben dasselbe jedoch in der stärksten Glühhitze nicht ab.

Auch mit den neutralen Körpern, welche aus der Verbindung von einer Säure mit einer Basis entstehen und die Salze genannt werden, verbindet sich

das Wasser, indem es mit den Theilchen derselben zu festen Krystallen zusammentritt und daher in diesem Zustande Krystallwasser genannt wird. Wir sehen hieran und an den Hydraten, daß das Wasser nicht allein durch niedere Temperatur, sondern auch durch die chemische Anziehung in festen Zustand gebracht werden kann. Man unterscheidet demnach wasserfreie Salze und solche mit Krystallwasser. So ist Na_2O, SO_3 wasserfreies Schwefelsaures Natron, während $Na_2O, SO_3 + 10 H_2O$ dasselbe Salz mit 10 Molekülen Krystallwasser verbunden ist. Die meisten Salze verlieren jedoch ihr Krystallwasser an trockener Luft, oder wenn sie bis zu 100° C. erhitzt werden. In diesem Falle entweichen die zwischen den Salztheilchen gelagerten Wassermoleküle, so daß erstere auseinanderfallen, was man das Verwittern der Salze nennt.

Nach der Typenlehre, §. 20, dient die Zusammensetzung das Wassers als Mustergruppe vieler abgeleiteter Verbindungen.

So entsprechen dem einfachen Wassertypus:

$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$	$\left.\begin{matrix}H\\Na\end{matrix}\right\}O$	$\left.\begin{matrix}NO_2\\H\end{matrix}\right\}O$	$\left.\begin{matrix}NO_2\\Na\end{matrix}\right\}O$
1 Mol. Wasser.	Natronhydrat.	Salpetersäurehydrat.	Salpetersaures Natron.

Von dem doppelten Wassertypus werden abgeleitet:

$\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_2$	$\left.\begin{matrix}SO_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_2$	$\left.\begin{matrix}SO_2\\K_2\end{matrix}\right\}O_2$
2 Mol. Wasser.	Schwefelsäurehydrat.	Schwefelsaures Kali.

Wie man sieht, sind hier an die Stelle von je 1 At. Wasserstoff getreten: je 1 Atom eines andern Elementes, oder Gruppen von Atomen, die in den Molekülen NO_2 und SO_2 mit einander verbunden sind.

34 Das Wasser besitzt das merkwürdige Vermögen, eine große Anzahl von festen Stoffen in flüssigen Zustand zu versetzen oder aufzulösen. Das Auflösen scheint weniger Folge chemischer Verwandtschaft als vielmehr des großen Anhangs zu sein, den die Wassertheilchen gegen die Theilchen der löslichen Körper äußern. Sie drängen sich dadurch gleichsam zwischen jene und heben ihren Zusammenhang auf. In der That verändert das Auflösen keineswegs die chemischen Eigenschaften eines Stoffes, und indem durch Erwärmen die Wassertheilchen sich verflüchtigen lassen, erhalten die Theilchen des aufgelösten Stoffes unverändert wieder ihren frühern Zusammenhang.

Wenn ich in die Auflösung irgend eines Stoffes neue Theile desselben bringe, und es werden diese nicht verändert, so ist die Auflösung gesättigt. In der Regel kann jedoch die Flüssigkeit neue Mengen des löslichen Stoffes aufnehmen, wenn man ihre Temperatur erhöht. Wird diese jedoch erniedrigt, so scheidet sich ein Theil des Gelösten aus und zwar meistens in regelmäßiger Form, in Krystallen. Die Auflösung ist daher ein Mittel, die Körper krystallisirt zu erhalten. Wird dagegen ein aufgelöster Körper plötzlich genöthigt, aus dem flüssigen in den festen Zustand überzugehen, indem man z. B. eine gesättigte heiße Auflösung schnell abkühlt, so scheidet jener sich nicht in deut=

lichen Krystallen, sondern in Gestalt eines pulverigen Niederschlages ab. Letzteres findet auch Statt, wenn ich der Auflösung einen Stoff zusetze, der mit dem aufgelösten eine unlösliche Verbindung bildet. Wird z. B. zur Auflösung des Baryts, BaO, in Wasser Schwefelsäure gesetzt, so verbinden sich beide zu unauflöslichem Schwefelsauren Baryt, BaO, SO_3, der sich augenblicklich in Form eines weißen Niederschlages zu Boden setzt.

Auf der Löslichkeit des einen und der Unlöslichkeit des andern der verschiedenen Stoffe oder auf den verschiedenen Graden ihrer Löslichkeit beruht die Möglichkeit, viele derselben von einander abzuscheiden, weshalb ihr Verhalten gegen Wasser ein sehr wichtiges Merkmal für den Chemiker ist.

Auch die Gase werden von Wasser aufgelöst oder, wie man sagt, absorbirt und zwar in sehr ungleichem Grade. Das gewöhnliche Wasser enthält daher stets eine gewisse Menge von atmosphärischer Luft und von Kohlensäure. Beim Erhitzen des Wassers wird die darin enthaltene Luft vollständig ausgetrieben; abgekochtes und dann erkaltetes Wasser schmeckt daher fade und Fische sterben darin.

Aber gerade jenes Vermögen des Auflösens ist die Ursache, daß alles 35
Wasser, wie wir es unmittelbar aus den mannigfaltigen Quellen der Natur schöpfen, niemals reines Wasser ist. Ueberall, wo es mit dem Boden in Berührung ist, nimmt es das Lösliche aus demselben auf, und es kommt daher ganz darauf an, ob eine Quelle aus wenig löslichen Gebirgsarten, wie Sandstein und Granit, entspringt, daß sie sehr reines, sogenanntes weiches Wasser liefert, oder ob sie aus einem Kalkgebirge kommt, in welchem Falle sie kalkhaltig ist und hartes Wasser genannt wird, das beim Kochen eine Kruste in den Gefäßen zurückläßt. Aehnlich verhält es sich mit dem Cisternenwasser. Auch enthält das Wasser nicht selten organische Stoffe aufgelöst, ja es finden sich darin, oft unsichtbar, kleine lebende Organismen, sowohl Pflanzen als Thiere. Kommt die Quelle aus großer Tiefe, so hat ihr Wasser eine höhere Temperatur und es giebt deren, die siedend heiß sind. Man nennt die warmen Quellen Thermen. Trifft das Wasser auf seinem Wege Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Salze u. s. w., so löst es eine gewisse Menge derselben auf und nimmt dadurch besondere Eigenschaften an, wie dies bei den sogenannten Mineralquellen der Fall ist. Das Meerwasser enthält so viel Salze, namentlich Kochsalz und Bittersalz, aufgelöst, daß es ganz ungenießbar ist.

Um das Wasser vollkommen rein zu erhalten, muß dasselbe in den geeigneten Apparaten der Destillation (s. Physik §. 155) unterworfen werden. Das Destillirte Wasser ist frei von allen nicht flüchtigen Stoffen und hinterläßt daher, wenn es auf einem blanken Platinblech oder auf einer reinen Glastafel verdampft wird, keine Spur eines Rückstandes. An Reinheit steht ihm zunächst das Regenwasser, das ja gleichsam in der Werkstätte der Natur destillirt worden ist. Man benutzt es daher vorzugsweise in manchen Gewerben, die reines Wasser erfordern, wie das Färben, das Waschen u. s. w.

Wasserstoffüberoxyd = H_2O_2, eine höhere Oxydationsstufe des 36
Wasserstoffs, wird gebildet beim Zusammenbringen von Bariumüberoxyd, BaO_2,

mit Chlorwasserstoffsäure, 2 ClH. Die entstehenden Producte sind Chlorbarium und Wasserstoffüberoxyd: $BaO_2 + Cl_2H_2 = BaCl_2 + H_2O_2$. Das Letztere ist eine farblose, syrupdicke Flüssigkeit, welche beim Erwärmen sich rasch zersetzt in Wasser und in Sauerstoff. Dieselbe Zersetzung erleidet es durch die bloße Berührung mit gewissen feinzertheilten Metallen und Metalloxyden, ohne daß diese hierbei chemisch verändert werden. Einige Oxyde, wie insbesondere das Silberoxyd, geben jedoch in diesem Falle auch den eigenen Gehalt an Sauerstoff ab und werden zu Metallen reducirt. Im Uebrigen wirkt das Wasserstoffüberoxyd auf die meisten Körper oxydirend; es zerstört die Haut und bleicht die Farbstoffe.

Stickstoff.

Nitrogenium; N = 14; spec. Gew. = 0,972; 1 Liter wiegt 1,25 Gramm; entdeckt 1772.

37 Fünf Raumtheile gewöhnlicher Luft enthalten vier Volume Stickstoff, vermengt mit einem Volum Sauerstoff, so daß der Stickstoff vier Fünftel der ganzen Atmosphäre beträgt. In den festen Theilen der Erde ist dagegen verhältnißmäßig sehr wenig davon enthalten. Er wird selten in Mineralen, nur in geringer Menge in Pflanzenstoffen, dagegen reichlicher in den Thierkörpern angetroffen. Zur Darstellung des Stickstoffs legt man auf Wasser ein Stück Kork, setzt auf diesen ein Porzellanschälchen, worin ein Stückchen Phosphor sich befindet, zündet letztern an und deckt über diese schwimmende Vorrichtung sogleich eine Glasglocke, Fig. 15, die man etwa einen Zoll unter Wasser taucht, so daß eine gewisse Menge von Luft abgesperrt ist. Der verbrennende Phosphor verbindet sich mit dem Sauerstoff der in der Glocke befindlichen Luft zu Phosphorsäure, die sich in Wasser auflöst, während Stickstoff übrig bleibt, dessen Menge $^4/_5$ der angewendeten Luftmenge beträgt.

Fig. 15.



Dieses Gas ist farb- und geruchlos und nicht schädlich, denn beim Athmen kommen beständig große Mengen desselben in die Lunge. In reinem Stickstoff erlöschen jedoch brennende Körper augenblicklich und Thiere ersticken darin sehr bald, da ihnen der zum Athmen unentbehrliche Sauerstoff fehlt. Von letzterer Eigenschaft hat das Gas seinen Namen erhalten.

38 Die atmosphärische Luft ist also ein Gemenge von $^4/_5$ Stickstoff mit $^1/_5$ Sauerstoff. Man hat gefunden, daß dieses Verhältniß zu allen Zeiten und an allen Orten dasselbe ist und konnte daher die Dichte der Luft als Einheit

annehmen, bei der Bestimmung des specifischen Gewichtes der übrigen Gase. Die Dichte der atmosphärischen Luft ist demnach = 1 und ein Liter derselben wiegt 1,29 Gramm. Die wichtigen physikalischen Eigenschaften der Luft sind in §. 94 der Physik beschrieben worden. Dieselbe enthält jedoch manche flüchtige Stoffe beigemengt, wie namentlich Kohlensäure, deren 4 Maaß in 10 000 Maaß Luft enthalten sind, und Wasserdampf, dessen Menge mit der Temperatur der Luft wechselt (Physik §. 256). Dagegen verschwinden andere Verunreinigungen der Luft, z. B. durch Ausdünstungen der Menschen, Thiere, faulender Stoffe u. a. m. in dem ungeheuren Raum und sind nur am Orte ihrer Entstehung merklich und chemisch nachweisbar. Noch werde bemerkt, daß die atmosphärische Luft incoërcibel ist, d. h. sie läßt sich weder durch den größten Druck für sich allein, noch unter Mitwirkung der stärksten Kälte zu einer Flüssigkeit verdichten. Auch der Sauerstoff, der Wasserstoff und der Stickstoff sind incoërcible Gase.

Verbindungen des Stickstoffs. Im Vergleich zu den merkwürdigen Eigenschaften, die wir am Sauerstoff und Wasserstoff wahrnehmen, erscheint der Stickstoff als ein Körper von wenig Auszeichnung. Es beruht dies auf der geringen Verwandtschaft, die er gegen die übrigen Elemente äußert, so daß er sich nur schwierig mit denselben verbindet, ja von der großen Reihe der Metalle kennt man kaum eine bemerkenswerthe Verbindung mit demselben. 39

Nichtsdestoweniger bietet der Stickstoff durch seine Verbindungen dem Chemiker großes Interesse, denn mit Sauerstoff bildet er die Salpetersäure, N_2O_5; mit Wasserstoff das Ammoniak, NH_3, eine starke Basis, und mit Kohlenstoff vereinigt er sich zu Cyan, NC, einem Körper, der in seinem chemischen Verhalten die größte Aehnlichkeit mit mehreren einfachen Stoffen zeigt.

Die Verbindungen des Stickstoffs mit Sauerstoff bilden die nachfolgende Oxydationsreihe: 40

N_2O . . . . . = Stickstoffoxydul,
$N_2O_2 = NO$ . . = Stickstoffoxyd,
N_2O_3 . . . . . = Salpetrige Säure,
$N_2O_4 = NO_2$ . . = Untersalpetersäure,
N_2O_5 . . . . . = Salpetersäure.

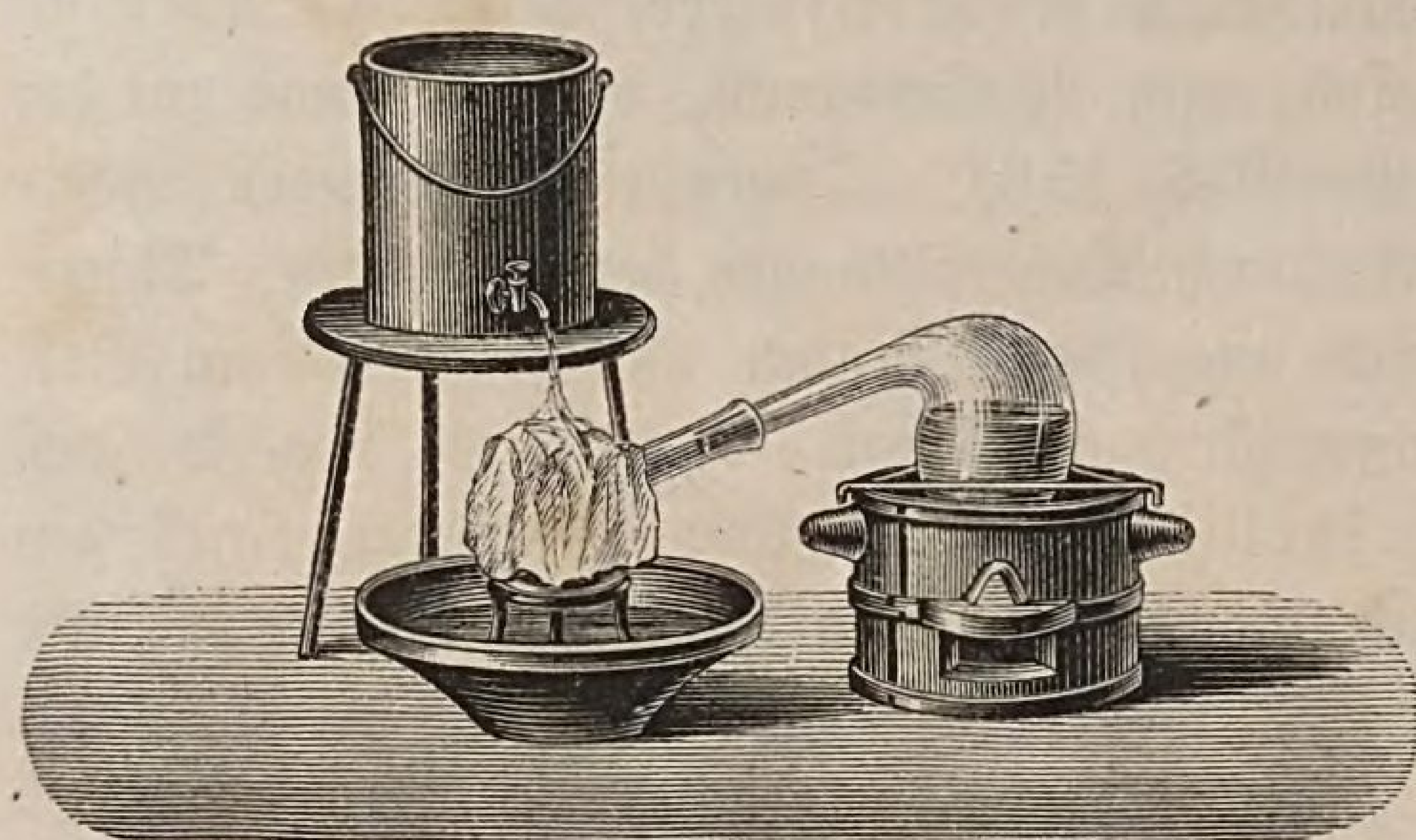
Wir beschreiben die letztgenannte Verbindung zuerst, da von ihr alle anderen abgeleitet werden.

1. Die Salpetersäure findet sich mit Natron verbunden in Chili als ein Mineral, das Chilisalpeter oder Salpetersaures Natron, Na_2O, N_2O_5, genannt wird. Man gewinnt daraus die Salpetersäure, indem man es mit Schwefelsäure der Destillation unterwirft, nach folgendem Schema:

Salpetersaures Natron	=	Na_2O	N_2O_5
Schwefelsäurehydrat	=	SO_3	H_2O
		Na_2O, SO_3 = Schwefelsaures Natron	N_2O_5, H_2O = Salpetersäurehydrat

Die Destillation wird in einer gläsernen Retorte vorgenommen und ein Wasserstrahl kühlt fortwährend die Vorlage ab, in welcher die Dämpfe der Salpetersäure sich verdichten, wie dieses Fig. 16 veranschaulicht, während das entstandene Schwefelsaure Natron als Rückstand in der Retorte verbleibt.

Fig. 16.



Unser Product ist also die Verbindung von Wasser mit Salpetersäure, das Salpetersäurehydrat, N_2O_5, H_2O, für welches jedoch die kürzere Benennung „Salpetersäure" gebräuchlich ist. Dieselbe ist eine farblose Flüssigkeit von 1,42 spec. Gew., welche an der Luft weiße Nebel verbreitet, daher auch Rauchende Salpetersäure genannt wird; sie hat einen eigenthümlichen Geruch und ist ätzend sauer. Die Salpetersäure ist sehr leicht zersetzbar. Im Sonnenlicht nimmt sie eine gelbe Farbe an, weil ein Theil derselben zersetzt wird in Sauerstoff und in die braunrothe Salpetrige Säure, N_2O_3. Starke Erhitzung bewirkt die gleiche Zersetzung. Pflanzen- und Thierstoffe werden von der Salpetersäure anfänglich gelb gefärbt, endlich zerstört; die meisten Metalle werden von derselben aufgelöst. In all diesen Fällen giebt die Salpetersäure einen Theil ihres Sauerstoffs an jene Körper ab und oxydirt dieselben; sie ist daher ein wichtiges, vom Chemiker häufig angewendetes Oxydationsmittel, zugleich aber eine höchst gefährliche Flüssigkeit.

Im Handel kommt eine gelb gefärbte, mit Wasser verdünnte Salpetersäure unter dem Namen Scheidewasser vor, von ungefähr 1,2 specif. Gew.

Wasserfreie Salpetersäure (Salpetersäure-Anhydrid) $= N_2O_5$, wird erhalten durch Zersetzung des salpetersauren Silberoxyds vermittelst Chlorgas. Dieselbe bildet farblose Krystalle, welche bei 30° schmelzen und in höherer Temperatur sich zersetzen.

Die Salpetersäure wird in der Medicin, sodann zum Beizen, Aetzen, in der Färberei, zum Auflösen der Metalle angewendet; mit den Oxyden der Metalle verbunden, bildet sie die Salpetersauren Salze oder Nitrate. 1 Ctr. $= 10\frac{1}{2}$ Thlr.

Es ist zu bemerken, daß Salpetersäure gebildet wird, wenn starke elektrische Funken durch feuchte Luft schlagen, daher das Wasser der Gewitterregen etwas Salpetersäure enthält. Auch entsteht diese Säure, wenn stickstoffhaltige Thierstoffe mit Kalk und Asche gemengt der langsamen Zersetzung überlassen werden.

2. Das Stickstoffoxydul, N_2O, wird durch Erhitzen aus dem Salpetersauren Ammoniak ($2\,NH_3, N_2O_5$) erhalten; es ist ein farbloses Gas, bewirkt beim Einathmen lebhafte Aufregung, daher „Lustgas" genannt, bei längerer Fortsetzung desselben erweist es sich schädlich. Bei einem Druck von 30 Atmo-

sphären wird das Stickoxydul flüssig. Läßt man diese Flüssigkeit verdunsten, so tritt eine solche Temperaturerniedrigung ein, daß ein Theil derselben fest wird und das Thermometer bis — 140° sinkt, der niedersten, bis jetzt beobachteten Temperatur.

3. Die Salpetrige Säure, N_2O_3, ist ein braunrothes, erstickend riechendes Gas, welches aus der Salpetersäure entsteht, wenn ihr Sauerstoff entzogen wird, z. B. durch Erhitzen derselben mit Stärkemehl.

4. Das Stickoxydgas, NO, entsteht bei der Einwirkung der Salpetersäure auf Metalle, z. B. auf Kupferspähne; es ist farblos, und Phosphor brennt darin fast so lebhaft als in Sauerstoff. Die merkwürdigste Eigenschaft dieses Gases ist, daß es in Berührung mit Luft augenblicklich tief braunrothe Dämpfe bildet, indem es 1 At. Sauerstoff aufnimmt und in

5. Die Untersalpetersäure, NO_2, übergeht. Die also entstandene Untersalpetersäure ist ungemein leicht zersetzbar; in Berührung mit Wasser zerfällt sie in Salpetersäurehydrat und Stickoxydgas, $3\,NO_2 + H_2O = N_2O_5, H_2O + NO$; in Berührung mit oxydirbaren Körpern tritt sie an diese Sauerstoff ab und es bleibt Stickoxydgas übrig. Das Letztere kann dann aus der Luft abermals Sauerstoff aufnehmen, wieder Untersalpetersäure bilden, und so durch wechselnde Aufnahme und Abgabe von Sauerstoff ein Oxydationsmittel werden, dessen man sich bei der Fabrikation der Schwefelsäure mit großem Vortheil bedient.

Die Verbindung des Stickstoffs mit Wasserstoff: Das Ammoniak, 41
NH_3, konnte bis jetzt durch directes Zusammenbringen dieser beiden Elemente nicht dargestellt werden. Wenn jedoch thierische Stoffe, sich selbst überlassen, in Fäulniß übergehen, so bildet sich aus dem Stickstoff und dem Wasserstoff, welchen dieselben enthalten, eine reichliche Menge von Ammoniak, ein Gas, das durch einen durchdringenden Geruch und indem es die Augen angreift, seine Gegenwart zu erkennen giebt. Vorzüglich ist der rasch in Fäulniß übergehende Urin die gewöhnlichste Quelle des lästigen Ammoniaks, dem man in Abtritten und Pferdeställen begegnet.

Das Ammoniak entsteht ferner, neben anderen flüchtigen Producten, wenn stickstoffhaltige Substanzen in Gefäßen erhitzt werden, die mit Ausnahme eines Abzugrohres verschlossen sind, eine Operation, die man mit dem Namen der trockenen Destillation bezeichnet. So z. B. liefert die nahezu zwei Procent Stickstoff enthaltende Steinkohle, wenn sie behufs der Gasbereitung der trockenen Destillation unterworfen wird, das sogenannte Gaswasser, welches sehr viel Ammoniak enthält.

Im reinen Zustand wird das Ammoniak erhalten, wenn man die Verbindung desselben mit Chlorwasserstoff $= NH_3, ClH$, welche unter dem Namen Salmiak als Handelsproduct vorkommt, mit gelöschtem Kalk $= CaO, H_2O$, vermischt und erhitzt. Es bilden sich in diesem Falle Wasser, Chlorcalcium und Ammoniak, welches entweicht und über Quecksilber aufgefangen wird:

$$2\,(NH_3, ClH);\ CaO, H_2O = H_2O;\ CaCl_2;\ 2\,NH_3.$$

Das Ammoniak ist ein farbloses Gas, von eigenthümlichem, stechendem Geruch, von 0,59 spec. Gew., nicht brennbar. Bei einem Druck von 7 Atmosphären verdichtet es sich zu einer wasserhellen Flüssigkeit, die bei — 75° er-

starrt. Läßt man flüssiges Ammoniak verdunsten, so wird eine große Menge von Wärme gebunden, folglich eine starke Erniedrigung der Temperatur bewirkt. Man benutzt daher diese Flüssigkeit in der sogenannten Carré'schen Eismaschine zur künstlichen Darstellung von Eis.

In Wasser ist das Ammoniak außerordentlich löslich. Bringt man die Mündung einer damit angefüllten kleinen Flasche unter Wasser und öffnet alsdann letztere, so stürzt das Wasser mit solcher Heftigkeit in die Flasche, als ob sie luftleer wäre.

Bei 0° löst 1 Gramm = 1 Kb^cm. Wasser 0,877 Gramm oder 1149 Kb^cm., bei gewöhnlicher Temperatur etwa 700 Kb^cm. Ammoniak.

Durch Einleitung von Ammoniakgas in kalt gehaltenes Wasser bis zur Sättigung desselben erhält man das wässerige Ammoniak, gewöhnlich Salmiakgeist genannt, eine wasserhelle, stark nach Ammoniak riechende Flüssigkeit. Dieselbe besitzt in hohem Grade basische Eigenschaften, ist schwach ätzend, daher auch die Benennung „Aetzammoniak" vorkommt.

Das Einathmen des gasförmigen Ammoniaks wird als Mittel gegen Erstickung durch Kohlensäure angewendet. Das wässerige Ammoniak hat vielfache Anwendung in der Medicin und in den Gewerben.

In chemischer Hinsicht ist das Ammoniak ein besonders merkwürdiger Körper, indem es aus Stickstoff und Wasserstoff bestehend, in hohem Grade die basischen Eigenschaften besitzt, welche sonst nur den Oxyden der Metalle, namentlich des Kaliums und Natriums zukommen. Gleich diesen bildet es mit den Säuren eine Reihe von neutralen Verbindungen oder Salzen, welche wir später betrachten werden. Eine hervorragende Bedeutung hat ferner das Ammoniak in der theoretischen Chemie erhalten. Wie in §. 20 gezeigt worden ist, bildet es eine der nebenstehenden Formel entsprechende Mustergruppe der Typenlehre. Indem eins oder mehrere der drei Wasserstoffatome ersetzt werden, durch Atome anderer Elemente, oder durch Molekülgruppen, leitet man aus dem Ammoniaktypus eine große Reihe, insbesondere von organischen Verbindungen ab.

$$\left.\begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N$$

Schwefel.

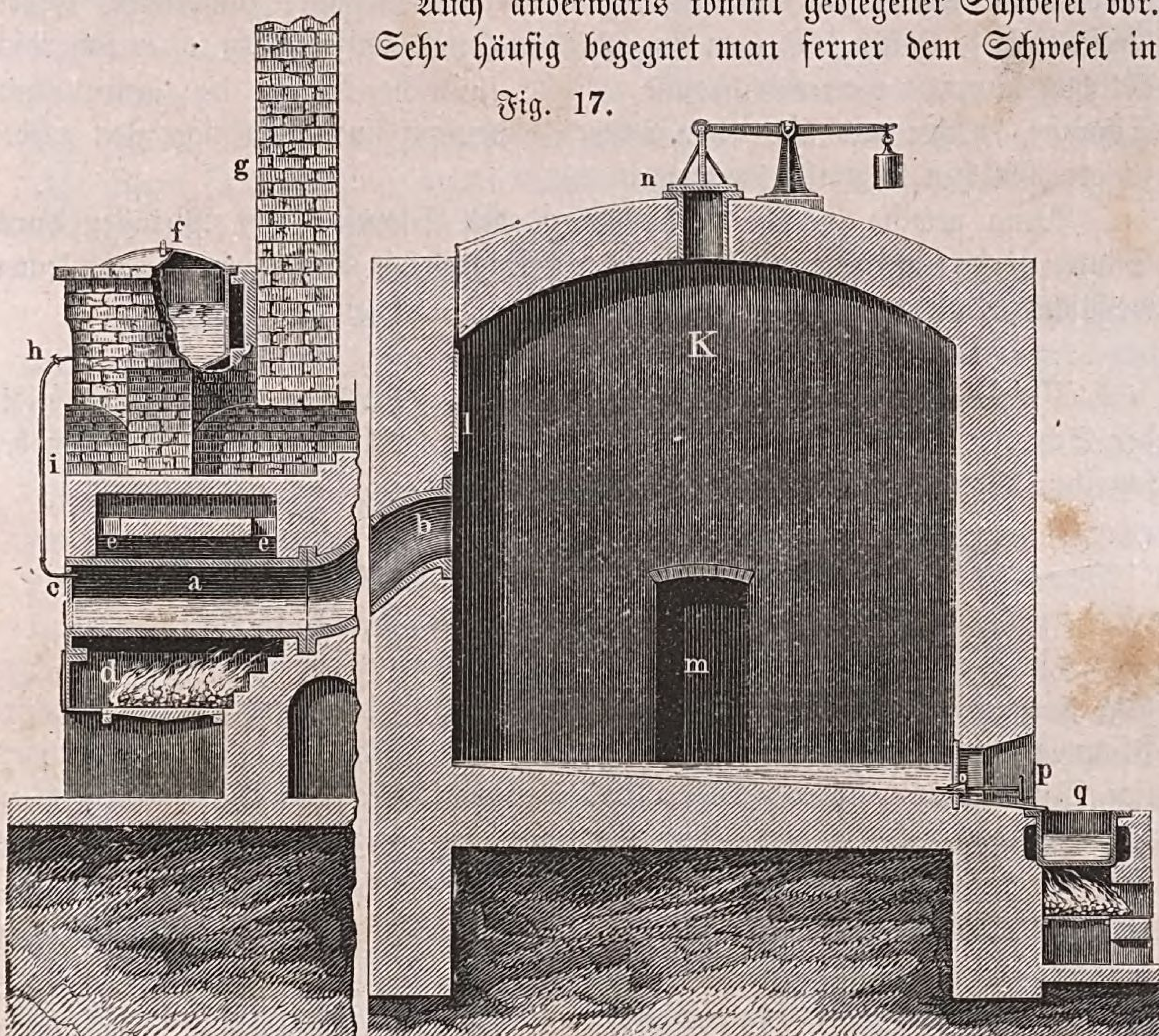
Sulphur; S = 32; Dichte = 2,0.

42 Auf Sicilien finden sich unerschöpfliche Lager von reinem, gediegenem Schwefel zwischen Kalk und Thonmergel. Da er von diesen erdigen Stoffen beim Ausgraben nicht vollkommen zu trennen ist, so wird er raffinirt, d. h. gereinigt. Die 8 bis 10 Proc. Schwefel enthaltenden Minerale werden in dem Kessel *f*, Fig. 17, erhitzt; der ausgeschmolzene Schwefel wird durch das Rohr *h* in den Cylinder *a* abgelassen, wo er dem directen Feuer ausgesetzt sich in Dampf verwandelt, der durch das Abzugrohr *b* in eine große Kammer (*K*) eintritt. In letzterer kühlt sich der dampfförmige Schwefel ab und fällt als ein feiner gelber Staub, Schwefelblumen genannt, zu Boden. Nach einiger Zeit ist der Raum jedoch so heiß geworden, daß der Schwefel schmilzt und alsdann durch die Oeffnung bei *p* von Zeit zu Zeit abgelassen, in dem Kessel *q* an=

gesammelt und in cylindrische Formen gegossen wird, worin er erkaltet und nachher Stangenschwefel heißt. 1 Ctnr. = 4 bis 5 Thlr.

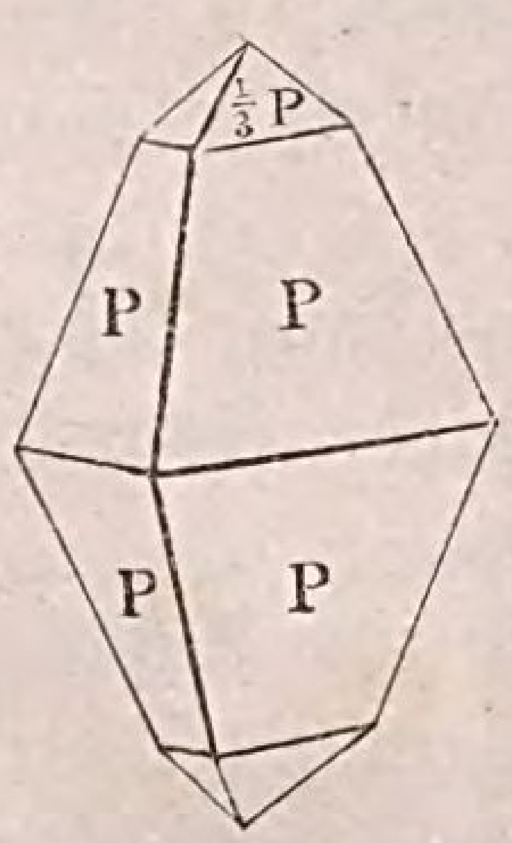
Auch anderwärts kommt gediegener Schwefel vor. Sehr häufig begegnet man ferner dem Schwefel in

Fig. 17.



Verbindung mit Metallen, z. B. im Schwefeleisen, FeS_2, Schwefelkupfer, Cu_2S, u. s. w., oder mit Sauerstoff zu Schwefelsäure verbunden, wie beim schwefelsauren Kalk oder Gyps, CaO, SO_3, der ganze Gebirgslager ausfüllt. Endlich enthalten manche Pflanzen- und Thierstoffe Schwefel, namentlich alle eiweißartigen Substanzen oder überhaupt solche, die beim Faulen den Geruch der faulen Eier entwickeln.

Fig. 18.



Allgemein bekannt sind die gewöhnlichen Eigenschaften des Schwefels, sowie seine Anwendungen, zum Abgießen von Münzen, zu Zündhölzern, Schwefelspahn und die der Schwefelblumen in der Medicin; auch dient der Schwefel in beträchtlicher Menge als Zusatz der Kautschukfabrikate. Der Schwefel schmilzt bei 115° C., siedet bei 400° C. und verwandelt sich in einen rothen Dampf; in Wasser ist er unauflöslich; Weingeist und Aether lösen nur ganz geringe Mengen von Schwefel auf; dagegen löst er sich in Terpentinöl und reichlich in Schwefelkohlenstoff, und kann aus letzter Flüssigkeit in schönen durchsichtigen rhombischen Octaëdern (Fig. 18) krystallisirt erhalten werden.

Mit Wolle gerieben nimmt der Schwefel elektrische Eigenschaften an. Der bei 115° geschmolzene Schwefel ist gelb und dünnflüssig; erhitzt man ihn stärker, so bildet er bei 250° eine dickflüssige, zähe Masse von dunkel rothbrauner Farbe. Gießt man denselben in diesem Augenblick in kaltes Wasser, wodurch er sich rasch abkühlt, so erhält man eine braune, weiche elastische Masse, den amorphen Schwefel, welcher unlöslich ist in Schwefelkohlenstoff und nach einiger Zeit wieder in gewöhnlichen Schwefel übergeht.

Wenn gewisse lösliche Verbindungen des Schwefels mit Metallen durch Säuren zersetzt werden, so scheidet sich der Schwefel in Gestalt eines höchst feinen weißlichen Pulvers, als sogenannte Schwefelmilch aus.

43 **Verbindungen des Schwefels.** Mit dem Sauerstoff bildet der Schwefel eine Reihe von Verbindungen, von welchen wir die wichtigsten beschreiben, nämlich:

die Unterschweflige Säure . . . $= S_2O_2$;
die Schweflige Säure . . . . $= SO_2$;
das Schwefelsäurehydrat . . . $= SO_3, H_2O$.

Die Schweflige Säure, SO_2, entsteht, wenn Schwefel an der Luft erhitzt wird. Er entzündet sich alsdann bei 260° und verbrennt mit blauer Flamme zu einem stechend und erstickend riechenden, farblosen Gase. Die Schweflige Säure nimmt aus der Luft allmälig Sauerstoff auf, und wird dadurch zu Schwefelsäure. Wird hinreichend Schwefel in einem Fasse verbrannt, so verliert die darin enthaltene Luft allen Sauerstoff und somit die Fähigkeit, hineingebrachten Wein in Essig zu verwandeln. Das sogenannte Schwefeln oder Aufbrennen der Fässer bezweckt daher zunächst die Entfernung des Sauerstoffs aus denselben, wodurch zugleich das Entstehen der dem Wein so nachtheiligen Schimmelpflanzen verhindert wird. Die Schweflige Säure wird ferner zum Bleichen des Strohes, der Wolle und der Federn, sowie zur Entfernung der rothen Flecke angewendet, die von Früchten oder Wein herrühren. Ihre bleichende Wirkung beruht darauf, daß sie den färbenden Stoffen Sauerstoff entzieht, also desoxydirend ist. Zu chemischen Zwecken wird die Schweflige Säure meist aus der Schwefelsäure dargestellt, indem man diese mit Kohle oder Schwefel in einer Retorte erhitzt, wodurch ihr 1 At. Sauerstoff entzogen wird. Durch starke Kälte kann die Schweflige Säure zu einer wasserhellen, äußerst flüchtigen Flüssigkeit verdichtet werden.

Wird Schweflige Säure in Wasser geleitet, so löst sie sich darin auf und man erhält wässerige Schweflige Säure, die mit Metalloxyden die Schwefligsauren Salze bildet, z. B. Schwefligsaures Natron, Na_2O, SO_3.

Die Unterschweflige Säure, S_2O_2, bildet sich, wenn eine Auflösung von Schwefligsaurem Natron mit Schwefel gekocht wird; es entsteht Unterschwefligsaures Natron, $Na_2O, SO_2 + S = Na_2O, S_2O_2$, aus welchem jedoch die Säure nicht abgeschieden werden kann, ohne daß sie sich zersetzt.

44 Das Schwefelsäurehydrat, SO_3, H_2O, auch Englische Schwefelsäure genannt, ist Gegenstand einer sehr ausgedehnten Fabrikation. Zu diesem

Zwecke wird Schwefel verbrannt und hierdurch in Schweflige Säure, SO_2, verwandelt, welche man, gemengt mit Wasserdampf und Luft, in eine Reihe von großen Räumen leitet, deren Wände aus Bleiplatten bestehen und daher Bleikammern heißen. In der ersten Kammer kommt die Schweflige Säure in Berührung mit Salpetersäure, die, in einem dünnen Strahl zufließend, über eine daselbst angebrachte Terrasse sich ausbreitet. Die Salpetersäure wird zersetzt; indem sie Sauerstoff an die Schweflige Säure abgiebt, entstehen Schwefelsäure und Untersalpetersäure, NO_2:

$$SO_2 + N_2O_5, H_2O = SO_3, H_2O + 2\,NO_2.$$

Wie bereits in §. 40 gezeigt worden ist, zersetzt sich die Untersalpetersäure mit dem Wasserdampf sofort in Salpetersäure und Stickoxydgas, welch letzteres jedoch augenblicklich aus der Luft Sauerstoff aufnimmt und wieder in Untersalpetersäure sich verwandelt. Wir haben demnach in dem Stickoxydgas einen Vermittler, der fortwährend zuerst Sauerstoffgas aus der Luft aufnimmt, um ihn nachher an die Schweflige Säure abzutreten, die dadurch in Schwefelsäure übergeht. Demzufolge könnte eine gegebene Menge Salpetersäure ins Unendliche dienen, um Schweflige Säure in Schwefelsäure überzuführen; unvermeidliche Verluste machen jedoch eine Erneuerung der Zufuhr von Salpetersäure nöthig, von der man 4 bis 6 Pfund braucht, um 100 Pfund Schwefel in Schwefelsäure zu verwandeln. Die in den Bleikammern erzeugte Schwefelsäure sammelt sich auf dem Boden derselben und wird, da sie mit Wasser verdünnt ist, anfänglich in flachen Bleipfannen und zuletzt in einer Destillirblase von Platin erhitzt. Es entweichen Wasserdämpfe, und es bleibt die concentrirte Säure zurück, die bei gewöhnlicher Temperatur eine Dichte von 1,848 hat und erst bei 338° C. siedet. Die Destillirapparate von Platin sind zwar sehr dauerhaft, erfordern aber einen Kostenaufwand von 4000 bis 6000 Thalern, weshalb zur Concentrirung der Schwefelsäure auch vielfach Glasgefäße verwendet werden.

Das Schwefelsäurehydrat ist eine farblose, geruchlose, höchst ätzend saure Flüssigkeit und ausgezeichnet durch seine Fähigkeit, ja man könnte sagen durch seine Begierde, sich mit noch mehr Wasser zu verbinden, so daß es aus feuchter Luft, aus Pflanzen- und Thierstoffen Wasser anzieht, wodurch die in letzteren enthaltene Kohle bloßgelegt wird, daher sie von der Schwefelsäure fast augenblicklich geschwärzt und alsbald ganz verkohlt und zerstört werden. Sie ist deshalb in den Händen des Unerfahrenen und Unvorsichtigen eine wahrhaft gefährliche Flüssigkeit. Beim Vermischen der Schwefelsäure mit Wasser tritt eine starke Erhitzung ein; man setzt sie daher nur allmälig dem Wasser zu. Niemals darf man Wasser in Schwefelsäure gießen, weil durch die alsdann plötzlich eintretende starke Erhitzung die Säure umhergespritzt würde, ähnlich wie dies geschieht, wenn Wasser in heißes Fett gegossen wird.

Die Schwefelsäure löst die meisten Metalle auf und verbindet sich mit den Oxyden derselben zu den Schwefelsauren Salzen oder Sulphaten; sie äußert zu den Metalloxyden eine so kräftige Verwandtschaft, daß sie fast alle übrigen Säuren abscheidet, welche mit diesen verbunden waren. Deshalb benutzt man sie auch zur Darstellung der meisten Säuren, wie der Salpeter-,

Phosphor-, Essig-, Chlorwasserstoffsäure u. a. m. Sie ist als die Grundlage der großen chemischen Fabrikation zu betrachten, woraus sich erklären läßt, daß, als im Jahre 1840 Neapel die Ausfuhr des Schwefels erschwerte, England im Begriff war, Krieg zu erklären, da es für den Augenblick seine ganze Gewerbthätigkeit in Gefahr sah. Denn von 1 880 000 Ctnr. Schwefel, welche 1852 aus Sicilien ausgeführt wurden, gingen allein nach England 700 000 Ctnr. Man kann von dem ungeheuren Verbrauch dieser Säure daraus eine Vorstellung gewinnen, daß einige der größten Fabriken jährlich 100 000 Ctnr. Schwefel verarbeiten und 300 000 Ctnr. Schwefelsäure erzeugen. Die Preise der Soda, Salzsäure, des Chlors, der Zündhölzer, der Stearinkerzen, der Kattune, des Papiers u. s. w. stehen im engsten Zusammenhange mit dem des Schwefels und es darf behauptet werden, daß die Größe des Verbrauchs dieses Stoffes in einem Lande einen Maßstab für die Industrie desselben abgeben kann. 1 Ctnr. Schwefelsäure = 3 Thlr.

Die Rauchende-Schwefelsäure, die ein Gemenge von wasserfreier Säure mit dem Hydrat ist $= SO_3, HO_2 + SO_3$, destillirt über, wenn sogenannter grüner Vitriol, d. i. Schwefelsaures Eisenoxydul, FeO, SO_3, zuerst geröstet und dann in irdenen Retorten stark erhitzt wird. Dieselbe ist eine bräunlich gefärbte, ölartige Flüssigkeit, die daher früher Vitriolöl genannt wurde. An der Luft verbreitet sie Dämpfe von wasserfreier Schwefelsäure, und hierdurch, sowie durch ihr Vermögen, den Indigo aufzulösen, unterscheidet sie sich von dem Hydrat. Die rauchende Säure wird auch Sächsische oder Nordhäuser Schwefelsäure genannt. Bei gelindem Erhitzen der rauchenden Schwefelsäure in einer Retorte entweichen aus ihr die Dämpfe der Wasserfreien-Schwefelsäure, SO_3, welche sich in der erkälteten Vorlage zu langen, seidenartigen Krystallnadeln verdichten.

45 Die Schwefelsäure, als eine der wichtigsten Verbindungen, mag endlich noch zur Erörterung der verschiedenen Ansichten dienen, die über die chemische Zusammensetzung oder Constitution der Körper gelten und die man durch entsprechende Formeln auszudrücken versucht, wie dies die nachfolgenden andeuten:

Empirische,	dualistische,	typische Formel
H_2SO_4	SO_3, H_2O	$\left.\begin{matrix} SO_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_2$

Während die empirische Formel sich darauf beschränkt, lediglich die Zeichen der Elemente aneinander zu reihen, welche in der Schwefelsäure enthalten sind, erscheinen dieselben in der dualistischen Formel der Ansicht gemäß geordnet, daß der Aufbau der chemischen Verbindungen sich vollzieht, indem je zwei einfache oder zusammengesetzte Körper sich mit einander vereinigen. Dagegen soll die dritte oder typische Formel dazu dienen, das chemische Verhalten der Schwefelsäure bei verschiedenen Zersetzungen, sowie ihre Beziehung zum Wassertypus (§. 20) zu veranschaulichen:

$$(1)\ \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O \qquad (2)\ \left.\begin{matrix} H_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_2 \qquad (3)\ \left.\begin{matrix} SO_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_2$$

Vornehmlich begründet ist die typische Formel (3) darauf, daß beim Erhitzen der Schwefelsäure mit Kohle = C, diese Körper sich umsetzen in Schweflige Säure SO_2, Kohlensäure CO_2 und Wasser H_2O:

$$2(H_2SO_4) + C = 2SO_2;\ CO_2;\ H_2O.$$

Weil bei diesem Vorgang der Kohlenstoff von den 4 Atomen Sauerstoff des Schwefelsäuremoleküls H_2SO_4 nur zwei hinwegnimmt, so schließt man hieraus, daß die übrigen beiden Sauerstoffatome mit dem Sauerstoff fester oder inniger verbunden sind und das Molekül SO_2 bilden, welches man als den Stamm oder das Radical der Schwefelsäure anzusehen habe.

Auch bei der Zersetzung anderer chemischer Verbindungen begegnet man mehrfach solchen Atomgruppen, die wie hier das Molekül SO_2, als übrig bleibende Reste der Verbindung sich erhalten und die ebenfalls mit dem Namen von Radicalen bezeichnet werden. Dieselben zeigen in mancher Hinsicht ein ganz ähnliches Verhalten wie einfache Körper, daher man sie auch Zusammengesetzte Radicale genannt hat. Gleich den Elementen besitzen sie eine bestimmte chemische Werthigkeit oder Valenz (§. 21). In obiger Formel (3) vertritt das Radical SO_2 die Stelle von 2 At. Wasserstoff, demnach ist das Radical SO_2 zweiwerthig; man kann dies durch Beifügung von Zeichen verdeutlichen:

$$\left.\begin{matrix} SO_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_2 \quad \text{oder} \quad \left.\begin{matrix} SO_2'' \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_2.$$

Der in dieser Formel noch verbliebene Wasserstoff wird als von dem ursprünglichen Typus herrührend, der typische Wasserstoff genannt; der außerhalb der Klammer befindliche, nicht zum Radical gehörige Sauerstoff heißt daher der extraradicale Sauerstoff.

Der Schwefelwasserstoff, H_2S, ist ein farbloses, brennbares, häßlich riechendes Gas, welches sich entwickelt, wenn ein Schwefelmetall, z. B. Schwefeleisen, FeS, mit verdünnter Schwefelsäure übergossen wird. Es bildet sich ferner, wenn schwefelhaltige Pflanzen- und Thierstoffe faulen, daher vorzüglich in Abtritten, und giebt sich leicht durch seinen Geruch zu erkennen, den faule Eier in besonderer Stärke entwickeln. Dieses Gas ist höchst giftig und tödtet, in reinem Zustande eingeathmet, augenblicklich, doch reichen auch schon geringe Beimengungen desselben zur Luft hin, um tödtlich auf Menschen und Thiere zu wirken. Häufig ereignen sich Unglücksfälle, wenn Arbeiter zum Reinigen der Abtritte und Abzugskanäle unvorsichtig hinuntersteigen. In solchen Fällen ist vorsichtiges Einathmen des mit Luft gemengten Chlors das beste Gegenmittel. 46

Der Schwefelwasserstoff ist im Wasser auflöslich, und theilt diesem seine Eigenschaften mit, was wir unter anderen auch an den Schwefelquellen wahrnehmen, in welchen jenes übelriechende Gas enthalten ist.

Besonders wichtig für den Chemiker ist das Verhalten des Schwefelwasserstoffs gegen schwere Metalle und ihre Oxyde. Tritt nämlich Schwefelwasserstoff mit der Auflösung eines Metalloxydes (z. B. Bleioxyd, PbO) zusammen, so verbindet sich der Schwefel mit dem Metalle zu einer unauflöslichen Verbindung, die sich mit eigenthümlicher Färbung sogleich als Niederschlag abscheidet. Man sagt daher: der Schwefelwasserstoff fällt die Metalle aus ihren

Lösungen als Schwefelmetalle. Er ist dadurch ein höchst werthvolles Mittel, nicht allein um die Anwesenheit eines Metalles in einer Flüssigkeit zu entdecken, sondern auch um es vollständig aus derselben zu entfernen.

Durch Schwefelwasserstoff werden niedergeschlagen mit braunschwarzer bis schwarzer Farbe: Blei, Kupfer, Wismuth, Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Eisenoxydul*, Kobalt* und Nickel*; brauner, Zinnoxydul; gelb, Zinnoxyd, Arsenik; weiß, Zink*; fleischfarbig, Mangan*; orange, Antimon.

Die mit * bezeichneten Metalle werden durch Schwefelwasserstoff nur aus basischen, die anderen aus sauren Lösungen gefällt.

Wenn silberne Löffel durch manche Speisen, namentlich durch Fische und Eier, wenn ferner frische Anstriche von Bleiweißfarben beim Ausleeren der Abtritte schwarz werden, so beruht dies lediglich auf der Bildung von Schwefelmetall. Die geschwärzten Silbergeräthe reinigt man durch Reiben mit Kochsalz.

Selen. Se = 79; spec. Gew. = 4,2. — Tellur. Te = 12,9; spec. Gew. = 6,2.

47 Diese beiden Elemente bieten insofern Interesse dar, als sie mit dem Schwefel eine Gruppe von nahe verwandtem chemischen Charakter bilden. Sie finden sich sehr selten, meist verbunden mit Metallen. Das Selen ist glasartig, braunroth, schmelzbar und verbrennt mit blauer Flamme und Geruch nach faulem Rettig zu Seleniger Säure, SeO_2; das widerlich riechende Selenwasserstoffgas, H_2Se, ist giftig. Das Tellur ist silberweiß glänzend, schmelzbar und verbrennt mit blaugrüner Flamme zu Telluriger Säure, TeO_2; das Tellurwasserstoff, H_2Te, riecht wie Schwefelwasserstoff. Gleich dem Sauerstoff, sind Schwefel, Selen und Tellur zweiwerthige Elemente.

Chlor.

Cl = 35,5; spec. Gew. = 2,45; 1 Liter Chlorgas = 3,17 Gramm; endeckt 1774.

48 Das Chlor kommt niemals in unverbundenem Zustande vor; es findet sich in dem Mineralreiche und zwar meistens mit Natrium zu einer Verbindung vereinigt, die Jedermann unter dem Namen Kochsalz kennt, während der Chemiker sie Chlornatrium, NaCl, nennt. In freiem Zustande erhält man das Chlor durch Erwärmen von Chlorwasserstoffsäure, ClH, mit etwas Manganüberoxyd, MnO_2, wobei neben freiem Chlor als Producte Chlormangan und Wasser entstehen:

$$MnO_2 + 4\,ClH = MnCl_2;\ 2\,H_2O;\ Cl_2.$$

Das Chlor ist von den vorhergehenden Gasen auffallend verschieden. Es hat eine schwach grünlichgelbe Färbung und einen eigenthümlich erstickenden Geruch. Eingeathmet greift es die Lunge heftig an, so daß es als giftig bezeichnet werden muß, und alle Arbeiten mit Chlor unter gehöriger Vorsicht auszuführen sind. Unter einem Druck von 5 Atmosphären verwandelt sich das Chlor in eine gelbe Flüssigkeit. Durch Einleiten dieses Gases in Wasser erhält

man das Chlorwasser, eine Lösung, die 2,37 Volume Chlor enthält und dessen Eigenschaften besitzt; sie wird in der Medicin und zum Bleichen verwendet, muß jedoch im Dunkeln aufbewahrt werden, da sie sich im Sonnenlicht zersetzt in Sauerstoff und Chlorwasserstoff: $Cl_2 + H_2O = O + 2\,ClH$.

Verbindungen des Chlors. Gegen die übrigen Elemente äußert das Chlor eine außerordentlich große Verwandtschaft und übertrifft in manchen Fällen hierin selbst den Sauerstoff. Es greift alle Metalle, selbst das Gold und Platin an und zeichnet sich namentlich durch seine große Verwandtschaft zum Wasserstoff aus. Wo es letztern mit anderen Stoffen verbunden antrifft, sucht es gleichsam denselben an sich zu reißen und mit ihm Chlorwasserstoff, ClH, zu bilden. Da aber alle Pflanzen- und Thierkörper Wasser enthalten, so werden sie ohne Ausnahme zerstört, wenn man sie in Chlorgas bringt. Dieses verbindet sich mit dem Wasserstoff des Wassers und der hierdurch freiwerdende Sauerstoff wirkt nunmehr oxydirend auf den betreffenden Körper. Aus dieser gefährlichen Eigenschaft des Chlors hat man jedoch außerordentlich nützliche Anwendungen zu machen gewußt. Die färbenden Stoffe des Pflanzenreichs, sowie die beim Faulen der Pflanzen- und Thierkörper entstehenden, übelriechenden und der Gesundheit nachtheiligen Gase enthalten Wasserstoff; man darf dieselben daher nur mit Chlor zusammenbringen, welches ihre Zerstörung bewirkt. Es folgt hieraus seine Anwendung zum Bleichen und zum Reinigen oder Desinficiren der Luft. 49

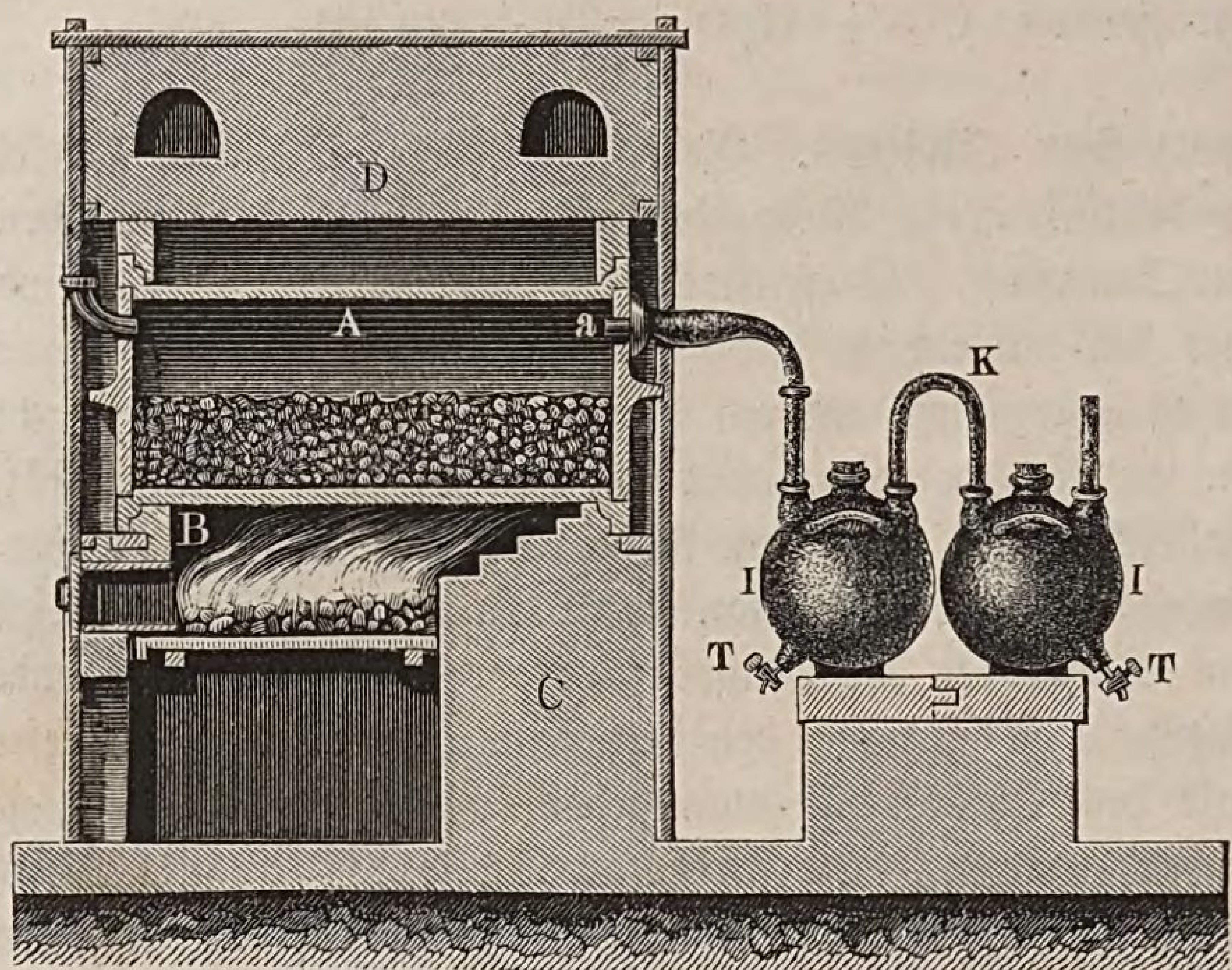
Mit dem Sauerstoff bildet das Chlor eine Reihe von Verbindungen, die sich leicht und meist mit heftiger Explosion zersetzen, daher auch nur mit Basen vereinigt Verwendung finden. Die wichtigeren sind: die Unterchlorige Säure, Cl_2O, und die Chlorsäure, Cl_2O_5. Das Hydrat der letztern Cl_2O_5, H_2O, ist eine farblose syrupdicke Flüssigkeit, welche bei 40° sich zersetzt und heftig oxydirend wirkt. 50

Chlorwasserstoff, HCl. Werden gleiche Maaße Chlor und Wasserstoff zusammengebracht, so verbinden sie sich mit heftiger Explosion in dem Augenblicke, wo das Gemenge dem unmittelbaren Sonnenlicht ausgesetzt wird. Bei Kerzenlicht kann man die Vermischung dieser Gase in einer Flasche ohne Gefahr vornehmen. Es ist dies einer der interessantesten chemischen Versuche! Das hierbei entstehende Chlorwasserstoffgas ist farblos, riecht stechend sauer und bildet mit dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf dicke Nebel.

Am besten stellt man Chlorwasserstoffgas dar, durch Zersetzung des Kochsalzes vermittelst Schwefelsäure; wird das sich entwickelnde Gas zu Wasser geleitet, bis dieses damit gesättigt ist, so erhält man die wässrige Chlorwasserstoffsäure, eine farblose, sauer riechende und schmeckende Flüssigkeit, die jedoch weniger zerstörend als Salpetersäure und Schwefelsäure wirkt. Da zu ihrer Bereitung Salz verwendet wird, so erhielt sie den meist gebräuchlichen Namen Salzsäure. Dieselbe wird bei der Fabrikation der Soda als Nebenproduct in ungeheurer Menge gewonnen, jedoch mit Eisen verunreinigt und daher gelb gefärbt. Zu diesem Zwecke wird das Kochsalz in einem gußeisernen Cylinder *A*, Fig. 19 (a. f. S.),

mit Schwefelsäure erhitzt und das entweichende Chlorwasserstoffgas durch mehrere Behälter von Steinzeug geleitet, die halb mit Wasser gefüllt sind. Bei 15° C. nimmt 1 Volum Wasser 454 Volumen Chlorwasserstoffgas auf; die alsdann gesättigte Flüssigkeit heißt rauchende Salzsäure, weil sie Dämpfe ausstößt; ihr specif. Gewicht ist 1,21 und sie enthält 42 Proc. Cl H. Die bei 110° C. siedende und überdestillirende Salzsäure enthält 20 Proc. Cl H und ihre Dichte ist 1,10. Die Anwendung der Salzsäure ist sehr bedeutend und mannichfaltig, da sie in der Medicin und in vielen chemischen Gewerben, insbesondere zur Darstellung des Chlors verwendet wird. 1 Ctnr. Salzsäure = $1^2/_3$ Thlr.

Fig. 19.



Königswasser oder Goldscheidewasser heißt ein Gemenge von 1 Thl. Salpetersäure mit 4 Thln. Salzsäure; sobald dasselbe erwärmt wird, nimmt es eine gelbe Farbe an, weil der Sauerstoff der Salpetersäure den Wasserstoff der Salzsäure oxydirt, wodurch Chlor und Untersalpetersäure frei werden. Daher löst diese Flüssigkeit Gold und Platin auf.

Mit Stickstoff vereinigt, bildet das Chlor den Chlorstickstoff, eine schwere ölartige Flüssigkeit, die bei der leisesten Berührung mit der allerfurchtbarsten Explosion sich zersetzt.

Brom.

Br = 80; spec. Gew. = 2,97; entdeckt 1826.

51 Hier haben wir einen der selteneren Stoffe vor uns, der sich nur in geringer Menge mit Natrium und Magnesium verbunden unter den Salzen des Meerwassers und mancher Salzquellen findet, wie namentlich der Kreuznacher, welche von allen bekannten am reichsten an Brommetallen ist. In reinem Zustande stellt das Brom eine dunkel rothbraune, schwere Flüssigkeit von eigenthümlichem, dem Chlor sehr ähnlichen Geruch dar, welche bei — 7° C. zu einer grauen blätterigen Masse erstarrt. Das Brom ist giftig; es hat keine Anwendung in den Gewerben, aber den Salzquellen soll es eine besondere medicinische Wirksamkeit verleihen. 1 Pfd. Brom = $2^1/_2$ Thlr.

J o d.

J = 127; spec. Gew. = 4,95; entdeckt 1812.

Wenn auch häufiger vorkommend als das vorhergehende Element, ist das Jod doch einer der seltenen Stoffe. Es ist mit Natrium und Magnesium verbunden im Meerwasser und fast in allen dem Meer entnommenen Pflanzen- und Thierstoffen enthalten. Auch einige Quellen enthalten Jodverbindungen. 52

Man gewinnt das Jod, indem Jodnatrium mit Braunstein und Schwefelsäure der Destillation unterworfen wird; dasselbe ist fest, grauschwarz, krystallinisch glänzend, und hat einen, an Chlor erinnernden, unangenehmen Geruch; es färbt die Haut und Pflanzenstoffe braun, wenn es einige Zeit damit in Berührung ist. Beim Erwärmen verwandelt es sich in einen wunderschönen veilchenblauen Dampf, der sich beim Erkalten wieder zu glänzend schwarzen Blättchen verdichtet. Ebenso zeichnet sich das Jod dadurch aus, daß es, mit Stärke zusammengebracht, dieser eine tief violette Farbe ertheilt. Hierdurch hat man ein vorzügliches Erkennungsmittel sowohl des Jods als auch der Stärke. 1 Pfd. Jod = $5\frac{1}{3}$ Thlr.

Für sich allein oder mit Metallen verbunden, wirkt das Jod giftig, ist aber dennoch ein wichtiges Arzneimittel, das besonders gegen Drüsenleiden und Skrofeln sich wirksam erweist.

Von den Verbindungen des Jods ist das Jodsilber wichtig wegen seiner Empfindlichkeit gegen die Einwirkung des Lichtes, und findet deshalb eine ausgedehnte Verwendung in der Photographie. In Schwefelkohlenstoff löst sich das Jod mit violetter, in Weingeist mit brauner Farbe; vermischt man letztere Lösung mit wässerigem Ammoniak, so entsteht ein schwarzer Niederschlag von Jodstickstoff, der getrocknet, bei der leisesten Berührung mit heftiger Explosion sich zersetzt. Man macht daher diesen Versuch nur im Kleinen und mit Vorsicht.

F l u o r; Fl = 19.

Viele Minerale enthalten Fluor, wie insbesondere der häufig vorkommende Flußspath, der eine Verbindung des Fluors mit Calcium, $CaFl_2$, ist. Das Fluor ist ein gasförmiger Körper, dessen Darstellung und Studium jedoch große Schwierigkeit darbietet, weil es vermöge seiner energischen Verwandtschaft alle Gefäße, selbst die aus Glas und Platin, angreift. 53

Die Fluorwasserstoffsäure, FlH, entwickelt sich in Gestalt von stechend sauer riechenden Dämpfen, wenn Flußspath mit Schwefelsäure übergossen und gelinde erhitzt wird. Wenn diese Dämpfe in Berührung mit Glas kommen, so wird die in letzterm enthaltene Kieselsäure, SiO_2, zersetzt, indem flüchtiges Fluorkiesel, $SiFl_4$, und Wasser gebildet werden. Hierauf beruht die vielfache Anwendung der Flußsäure zum Aetzen auf Glas. Zu diesem Zwecke wird eine Glasplatte mit dünnem Wachsgrunde oder Kupferstecherfirniß überzogen

und an der Lichtflamme berußt, worauf man mit einer Nadel in denselben einzeichnet. So vorbereitet bedeckt man mit der Platte die Oeffnung eines hinreichend weiten Gefäßes von Blei, in welchem man gepulverten Flußspath mit Schwefelsäure vermengt, gelinde erwärmt. Es entwickeln sich die Dämpfe der Fluorwasserstoffsäure, welche das Glas an den geritzten Stellen angreifen. Nach 10 bis 20 Minuten entfernt man die Platte, erhitzt sie und wischt das Wachs weg, worauf die Zeichnung zum Vorschein kommt. Die Dämpfe sind jedoch schädlich und greifen selbst die Haut an, weshalb hierbei Vorsicht zu empfehlen ist. Wässerige Fluorwasserstoffsäure erhält man durch Einleiten des Fluorwasserstoffgases in Wasser; dieselbe muß in Gefäßen von Blei oder Guttapercha aufbewahrt werden.

Unverkennbar haben wir in dem Chlor, Brom, Jod und Fluor eine Gruppe von Elementen vor uns, die große Aehnlichkeit in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften besitzen. Gleich dem Wasserstoff sind dieselben einwerthig und sie sämmtlich bilden mit diesem starke Säuren, welche dem Wasserstofftypus entsprechen:

Wasserstoff;	Chlorwasserstoff;	Bromwasserstoff;	Jodwasserstoff;	Fluorwasserstoff.
$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}$	$\left.\begin{matrix}Cl\\H\end{matrix}\right\}$	$\left.\begin{matrix}Br\\H\end{matrix}\right\}$	$\left.\begin{matrix}J\\H\end{matrix}\right\}$	$\left.\begin{matrix}Fl\\H\end{matrix}\right\}$

Phosphor.

$P = 31$; spec. Gew. $= 1{,}83$.

54 Der Phosphor ist ziemlich verbreitet; fast überall trifft man im Boden Phosphorsaure Salze an, doch kommen diese meist nur in geringer Menge vor. Am häufigsten sind die aus Phosphorsaurem Kalk bestehenden Minerale, wie der Apatit und Phosphorit, welch letzterer hie und da massenhaft auftritt. Aus der Erde werden die phosphorsauren Salze von den Pflanzen aufgenommen und finden sich namentlich in den Samen derselben; indem letztere den Thieren als Speise dienen, gelangt Phosphor in den Körper derselben. In der That erscheint dieser als ein Sammelplatz des Phosphors, denn im Gehirn, in der Nervenmasse, in den Eiern, im Fleische begegnet man dem Phosphor. Die größte Menge desselben findet sich jedoch in den Knochen; neun Zehntel ihres Gewichtes bestehen aus Phosphorsaurem Kalk, und aller Phosphor, der im Handel vorkommt, ist aus Knochen abgeschieden worden. Das Knochengerüst des erwachsenen Menschen enthält 1 bis $1^1/_3$ Pfd. Phosphor.

Um Phosphor zu gewinnen, werden weißgebrannte Knochen, sogenannte Knochenasche, gepulvert und mit verdünnter Schwefelsäure vermischt. Letztere entzieht der Phosphorsäure den größten Theil des an sie gebundenen Kalkes und bildet mit demselben unlöslichen Schwefelsauren Kalk, CaO, SO_3; die verbleibende Lösung, welche die Phosphorsäure enthält, wird durch Abdampfen concentrirt, mit Kohlenpulver gemengt in irdenen Retorten geglüht. Die Kohle

wirkt desoxydirend auf die Phosphorsäure; es bildet sich Kohlensäure und der frei gewordene Phosphor destillirt über und verdichtet sich in Vorlagen, die mit Wasser angefüllt sind.

Der Phosphor ist ein farbloser, durchsichtiger Körper, fest, jedoch wie Wachs mit dem Messer zerschneidbar. Dem Lichte ausgesetzt, wird er undurchsichtig und färbt sich sehr bald weiß, gelb und roth; an der Luft stößt er weiße, etwas nach Knoblauch riechende Dämpfe aus, die im Dunkeln leuchten. Hierbei oxydirt er sich zu Phosphoriger Säure. In einer Retorte erhitzt, schmilzt er bei 44° C., siedet bei 290° C. und destillirt über; an der Luft entzündet er sich schon bei 70° C. und verbrennt mit lebhaftem Lichte zu Phosphorsäure. Diese leichte Entzündbarkeit macht den Phosphor zu einem höchst gefährlichen Körper. Schon die Wärme der Hand, namentlich wenn zugleich Reibung stattfindet, reicht hin, denselben zu entzünden. Er wird deswegen in Gefäßen unter Wasser bewahrt, und Versuche mit demselben erfordern die größte Vorsicht, deren Vernachlässigung schon häufig empfindliche Beschädigungen anrichtete.

Der Phosphor ist löslich in Aether, Fetten und Oelen und besonders reichlich in Schwefelkohlenstoff; aus letzter Lösung krystallisirt er in regelmäßigen, diamantglänzenden Krystallen. Innerlich ist der Phosphor ein heftiges Gift; ein aus Phosphor mit 8 Thln. Mehl und heißem Wasser bereiteter Teig wird als sehr wirksames Mäusegift angewendet.

Wenn Phosphor längere Zeit in einem mit Wasserstoffgas angefüllten Gefäße auf 240° C. erhitzt wird, so erleidet er eine höchst merkwürdige Veränderung; er verwandelt sich in einen rothbraunen Körper, den sogenannten Amorphen Phosphor, der nicht giftig und an der Luft unveränderlich ist, erst beim Erhitzen über 200° C. sich entzündet und bei Abschluß der Luft auf 260° C. erhitzt wieder die Eigenschaften des gewöhnlichen Phosphors annimmt.

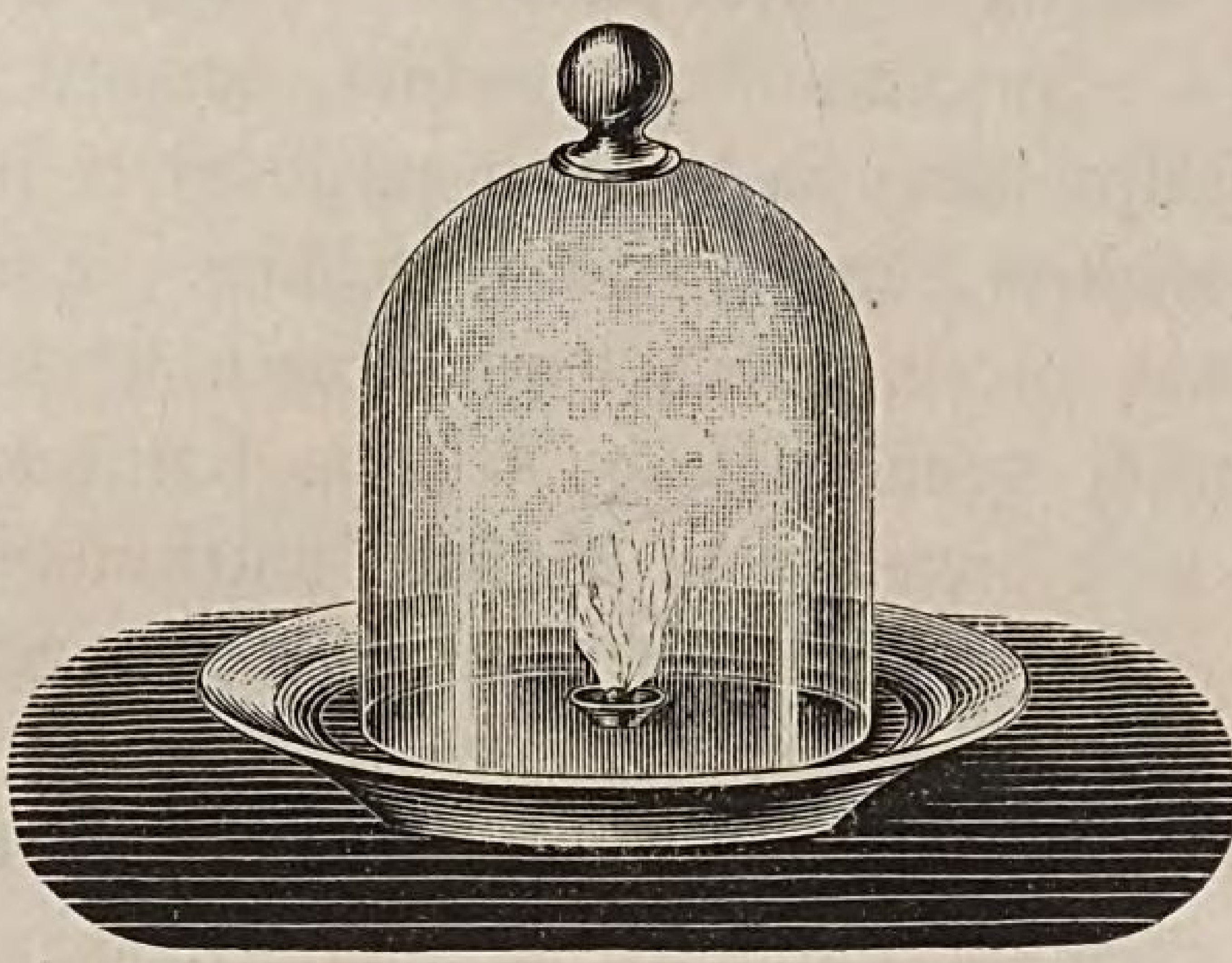
Auf der leichten Entzündbarkeit des Phosphors beruht dessen Verwendung zu den bequemen Streichfeuerzeugen, mit deren Verbrauch die Darstellung des Phosphors in gleichem Verhältnisse zugenommen hat. Aus 4 Thln. Gummi und 4 Thln. Wasser bereitet man einen Schleim, der erwärmt wird, worauf $1^3/_4$ Thle. Phosphor eingetragen und unter Zusatz von 2 Thln. Salpeter und 2 Thln. Mennige höchst sorgfältig beigemischt werden. In diese Zündmasse taucht man die Hölzchen. Solche Zündhölzer, die nicht nur leicht entzündlich sind, sondern auch giftigen Phosphor enthalten, geben nicht selten Anlaß zu Unglücksfällen und Verbrechen. Diese sind nicht zu befürchten bei dem Gebrauch der Phosphorfreien Reibzünder, Hölzchen, die mit einer Masse aus Schwefelantimon und Chlorsaurem Kali versehen sind und sich nur dann entzünden, wenn sie an einem bestimmten Reibzeug gestrichen werden, das etwas amorphen Phosphor enthält.

Die Geschichte des Phosphors bietet besonderes Interesse dar, denn dieser Körper wurde im Jahre 1669 zufällig von einem Manne entdeckt, der sich mit Goldmacherei befaßte. Anfangs seiner Seltenheit wegen mit Gold aufgewogen, ist der Preis für 1 Pfund Phosphor jetzt auf 1 Thaler herabgesunken. Es liegt hierin ein merkwürdiger Beweis, welcher Vervollkommnung die Fabrikation

fähig ist, und wie eine einsichtsvolle Industrie mit dem zunehmenden Verbrauche eines Gegenstandes Mittel und Wege findet, denselben wohlfeiler und von größerer Güte zu liefern.

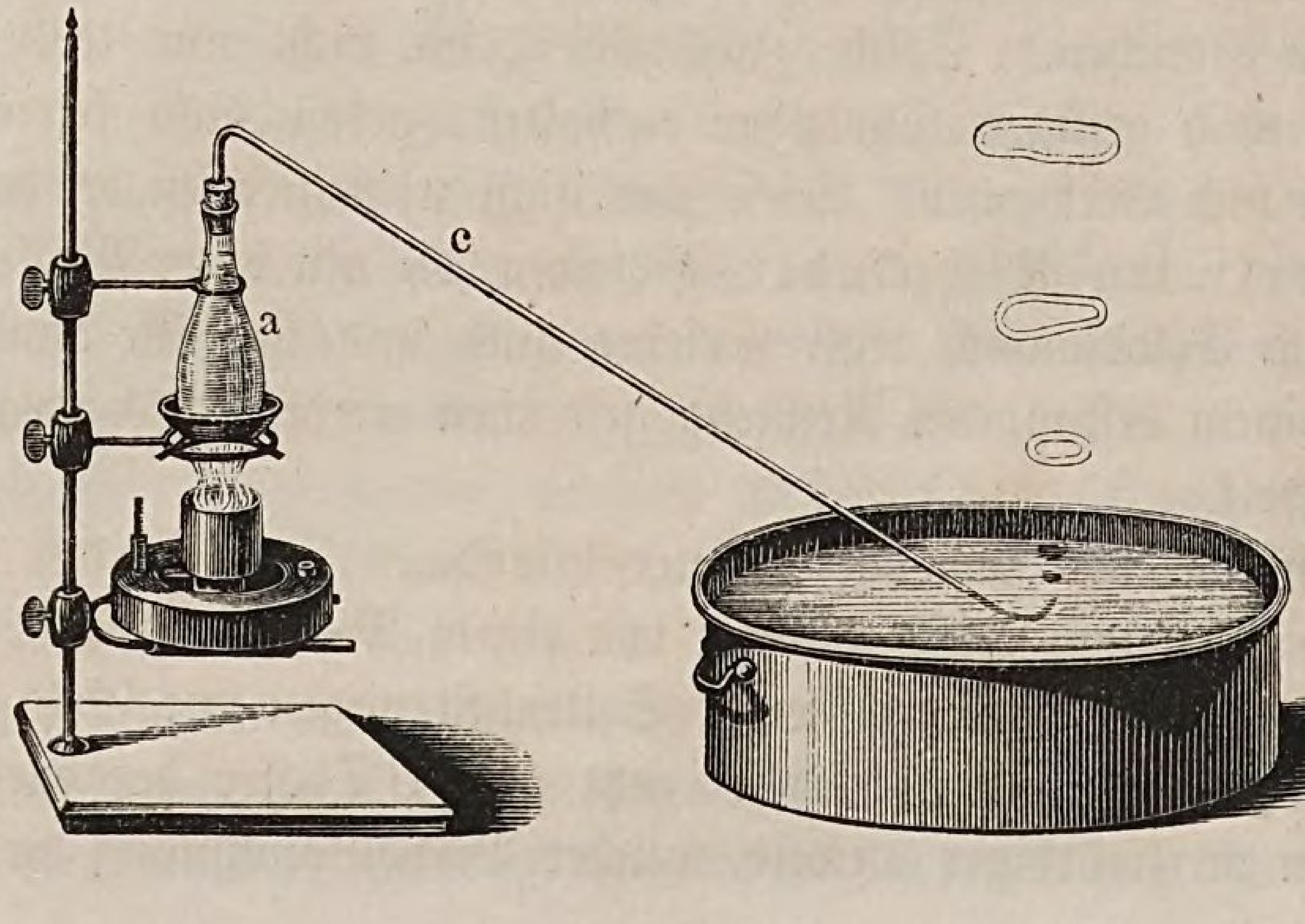
55 **Verbindungen des Phosphors.** Die wasserfreie Phosphorsäure, P_2O_5, wird in Gestalt eines weißen Schnees erhalten, wenn ein Stück Phosphor unter einer Glasglocke, Fig. 20, verbrannt wird. Das Phosphorsäurehydrat, P_2O_5, H_2O, auch Metaphosphorsäure genannt, hinterbleibt als glasartige Masse, wenn Phosphor durch Salpetersäure oxydirt und das überschüssige Wasser durch starkes Erhitzen in einem Platingeräth entfernt wird. Durch Aufnahme von Wasser kann diese Säure in ein zweites Hydrat, $P_2O_5, 2H_2O$ (Pyrophosphorsäure), und in ein drittes Hydrat, $P_2O_5, 3H_2O$, oder Gewöhnliche Phosphorsäure, übergeführt werden. Diesen drei Hydraten entsprechen auch dreierlei Phosphorsaure Salze oder Phosphate, von verschiedenem Gehalt an Basis und von verschiedenen Eigenschaften; so bilden das erste und zweite Hydrat der Phosphorsäure mit Silberoxyd unlösliche weiße Salze; das Silbersalz des dritten Hydrats ist gelb. Die Knochenasche enthält auf 3 Mol. Kalk = CaO, 1 Mol. Phosphorsäure; ihre Formel = $3CaO, P_2O_5$ entspricht daher dem dritten Hydrat, indem dessen Hydratwasser ersetzt ist durch Calciumoxyd.

Fig. 20.



Phosphorige Säure, P_2O_3, entsteht in Gestalt weißer, im Dunkeln schwach leuchtender Nebel, bei langsamer Oxydation des Phosphors in feuchter Luft. Wenn Phosphor mit der wässerigen Lösung von Kali (K_2O) in einem Kölbchen *a*, Fig. 21, erhitzt wird, so findet eine Zersetzung des Wassers Statt, indem dessen Sauerstoff den Phosphor zu Unterphosphoriger Säure, P_2O,

Fig. 21.



oxydirt, die sich mit dem Kali verbindet, während der Wasserstoff mit einem andern Theile des Phosphors zu Phosphorwasserstoffgas, PH_3, vereinigt, entweicht:

$$3(K_2O, H_2O) + P_8 = 3(K_2O, P_2O) + 2PH_3.$$

Letzteres hat einen abscheulichen Geruch nach faulen Fischen, zugleich aber die merkwürdige Eigenschaft, sich von selbst zu entzünden, sobald es in Berührung mit der Luft kommt, und unter Bildung weißer Nebelringe zu verbrennen.

Arsen.

As = 75; spec. Gew. = 5,5.

Das Arsen hat so viele Eigenschaften der Metalle, daß es den Uebergang 56
von den Nichtmetallen zu jenen bildet, und in der Mitte steht, zwischen Phosphor und Antimon. Es hat in der That ein grau, metallglänzend krystallinisches Ansehen und ein bedeutendes specifisches Gewicht. Wir trugen daher kein Bedenken, es in §. 46 unter den Schwefelmetallen anzuführen.

Man findet das Arsen in gediegenem Zustande, häufiger jedoch in Verbindung mit Eisen, Nickel, Kobalt und mit Schwefel. Da es flüchtig ist, läßt es sich von jenen durch Sublimation abscheiden. Das metallische Arsen hat wenig Anwendung und ist bekannter unter dem Namen Fliegenstein oder Scherbenkobalt, welch letzterer jedoch nicht mit dem Metalle Kobalt zu verwechseln ist. Der Dampf des Arsens hat einen durchdringenden knoblauchartigen Geruch.

Verbindungen des Arsens. Die Arsenige Säure, As_2O_3, 57
bildet sich, wenn das Arsen bei Luftzutritt erhitzt wird. Es entstehen weiße Dämpfe, die sich als feines Pulver verdichten, welches Giftmehl oder weißer Arsenik genannt wird. Wir verstehen daher unter Arsen den einfachen metallischen Stoff, und unter dem gewöhnlich sogenannten Arsenik die Arsenige Säure. Dieselbe wird im Großen durch Erhitzen des Arsenikkieses, eines aus Eisen, Schwefel und Arsen bestehenden Minerals, als eine amorphe, glasartige Masse sublimirt erhalten, die jedoch allmählich in krystallinischen Zustand übergeht und porzellanähnlich wird. Sie ist geruch- und geschmacklos, in Wasser etwas löslich und im höchsten Grade giftig. Die letztere Eigenschaft ist es, die leider häufig zur verbrecherischen Verwendung dieses Körpers mißbraucht wird, und Arsenikvergiftungen sind bei weitem die gewöhnlichsten. Sie kündigen sich in der Regel durch Erbrechen und Leibschmerzen an, die in furchtbaren Convulsionen und mit dem Tode endigen. Als Gegenmittel wendet man Bittererde, MgO, oder frisch bereitetes Eisenoxydhydrat, Fe_2O_3, H_2O, an, welche mit der Arsenigen Säure unlösliche, auf den Körper nicht giftig wirkende Verbindungen bilden.

Wichtig ist es, in gerichtlicher Beziehung den Beweis zu liefern, ob eine Vergiftung durch Arsenik stattgefunden hat. Dies kann nur dadurch geschehen, daß man in dem Körper des Vergifteten das Gift auffindet und deutlich erkennbar nachweist. Ein Stäubchen, so groß wie eine Nadelspitze, reicht hin, um zu zeigen, ob das Vorgefundene Arsenik ist oder nicht. Man bringt es in die

Glasröhre, Fig. 22, legt ein Stückchen Kohle daneben, das man glühend macht, worauf man die Spitze der Glasröhre erhitzt. War das Untersuchte wirklich

Fig. 22.

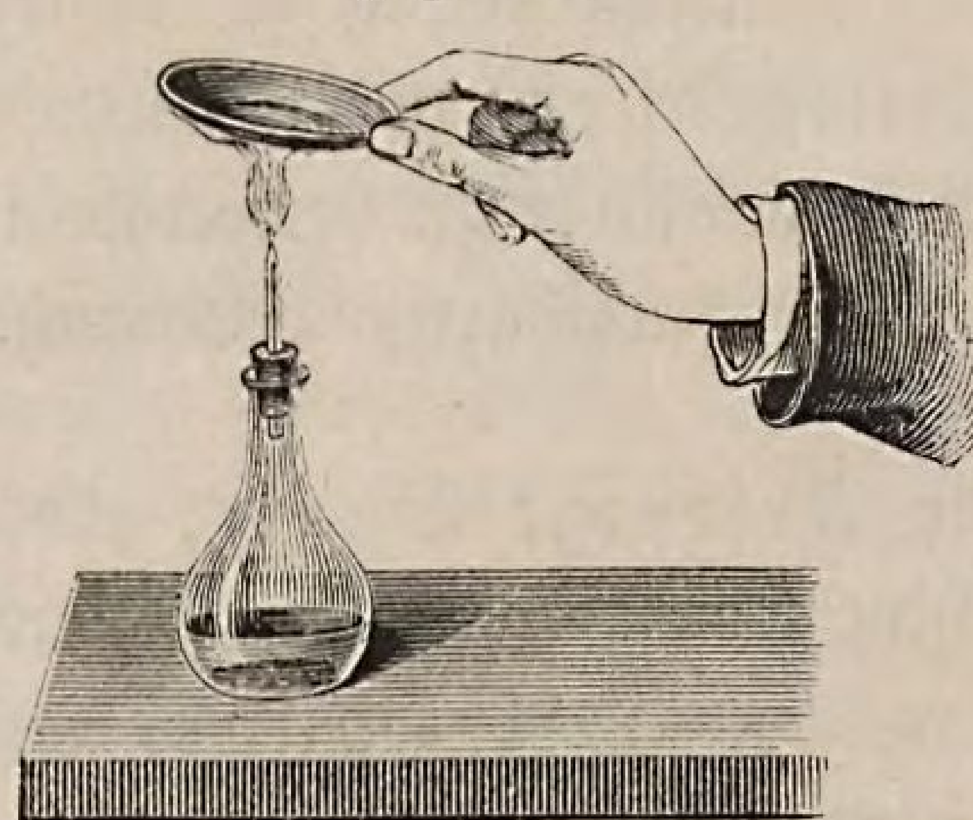


Arsenige Säure, so verbindet sich ihr Sauerstoff mit der glühenden Kohle, und ein schwarz glänzender Ring von metallischem Arsen setzt sich in der Glasröhre an.

Der Arsenik wird in manchen Gewerben angewendet, wie in der Glasfabrikation und Färberei, zum Vertilgen schädlicher Thiere (Rattengift) und des Holzschwamms.

Das Arsenikwasserstoffgas, AsH_3, bildet sich, wenn Arsenige Säure zu Zink und Schwefelsäure in einen Gasentwickelungsapparat gebracht wird; es ist farblos, höchst giftig und brennt mit weißer Flamme; hält man in letztere eine weiße Porzellanschale, Fig. 23, so entstehen auf dieser schwärzlich-glänzende Flecken von metallischem Arsen, sogenannte Arsenspiegel. Unglaublich geringe Mengen Arsenik lassen sich auf diese Weise noch nachweisen. Auch das Antimonwasserstoffgas, SbH_3, wird unter ähnlichen Verhältnissen gebildet und zersetzt; allein die durch Antimon gebildeten Spiegel sind dunkler schwarz; eine Chlorkalklösung, welche die Arsenikspiegel leicht auflöst, läßt den Antimonspiegel unverändert.

Fig. 23.



Schwefelarsen. Das Arsen verbindet sich in zwei Verhältnissen mit Schwefel. Das Rothe Schwefelarsen, As_2S_2, auch Realgar oder Rubinschwefel genannt, kommt krystallisirt als Mineral vor; künstlich erhält man es in Gestalt einer orangerothen glasigen Masse durch das Zusammenschmelzen von Schwefel und Arsen. Es wird in der Färberei und in der Feuerwerkerei als Zusatz zum bengalischen Weißfeuer benutzt. Letzteres besteht aus 24 Gewichtstheilen Salpeter, 2 Theilen Schwefel, 7 Theilen Realgar, die trocken, feingepulvert, gemischt und angezündet werden. Das Gelbe Schwefelarsen, As_2S_3, auch Auripigmentum oder Operment genannt, findet sich ebenfalls als Mineral und wird als gelbe Farbe angewendet.

Kohlenstoff.

Carbo; C = 12.

58 Dieser, gewöhnlich in so unscheinbarer Form auftretende Stoff verdient unsere besondere Aufmerksamkeit in mehr als einer Beziehung. Denn einestheils ist es die auffallende Verschiedenheit der Zustände und Eigenschaften, welche der Kohlenstoff darbietet, anderntheils sind es seine Beziehungen zur

Pflanzen- und Thierwelt, sowohl für sich, als auch in seinen Verbindungen, die ihm nächst dem Sauerstoff eine wichtige Rolle im Haushalte der Natur anweisen. Er erscheint hiernach als der wesentliche Bestandtheil aller organischen Körper, und indem er mit den anderen Elementen zahllose Verbindungen zu bilden vermag von ganz eigenthümlichem Gepräge, ist er als das charakterisirende Element der Organischen Chemie anzusehen. Da 1 At. Kohlenstoff sich mit 4 At. des einwerthigen Wasserstoffs zu CH_4 verbindet, so ist derselbe ein vierwerthiges Element = $\overset{IV}{C}$ oder $\overset{''''}{C}$.

Der Kohlenstoff tritt massenhaft im Mineralreich auf, sowohl für sich, mehr oder weniger rein, als auch verbunden, insbesondere mit Sauerstoff als Kohlensäure; ganze Gebirge die von Kohlensaurem Kalk gebildet werden, bestehen zu $^1/_8$ ihres Gewichtes aus Kohlenstoff. Derselbe kann ferner aus den Körpern der Pflanzen und Thiere, in welchen er ohne Ausnahme enthalten ist, ausgeschieden werden, und wir unterscheiden hiernach mineralischen, vegetabilischen und animalischen Kohlenstoff.

1. Mineralischer Kohlenstoff. Der krystallisirte Kohlenstoff, Diamant genannt, erregte schon in den ältesten Zeiten durch seine Härte, Durchsichtigkeit, durch ungemeinen Glanz und das Vermögen, das Licht in seine Farben zu brechen, die Aufmerksamkeit selbst der rohesten Völker, und diese ausgezeichneten Eigenschaften sowie die Seltenheit seines Vorkommens erhoben ihn zum Range des kostbarsten aller Edelsteine. Der Diamant ist dichter als jede andere Art des Kohlenstoffs, denn sein specifisches Gewicht beträgt 3,52 und an Härte übertrifft er alle übrigen Körper, indem er von keinem geritzt wird. Da er übrigens zugleich spröde ist, so läßt er sich zerschlagen, wie ja auch die härteste Feile leicht zerbrochen werden kann. 59

Man findet den Diamant im sogenannten Schuttland, welches von der Zerstörung älterer Gebirgsmassen herrührt, deren Trümmer in Thälern und Ebenen angeschwemmt worden sind, und zwar in Ostindien, Borneo, Brasilien und neuerdings auch im Capland und Ural. Das mühselige Auslesen dieser funkelnden Körner, das meist durch Sclavenarbeit geschieht, möchte bei uns kaum die Kosten der Arbeit ertragen, und führte der Rhein auch Diamanten, sie würden ihm wohl ebenso verbleiben, wie sein Goldsand.

Die in den Diamantwäschereien aufgefundenen rohen Steine erlangen ihren hohen Werth erst, nachdem sie geschliffen worden sind, wozu man, da kein anderes Mittel diesen Edelstein angreift, zerstoßener Diamanten sich bedient. Sie erhalten dadurch regelmäßige, ebene Flächen, sogenannte Façetten. Größere Diamanten werden zu Brillanten geschliffen, welche aus zwei niedrigen, vielseitigen, an ihren Grundflächen vereinigten Pyramiden mit abgestumpften Spitzen bestehen, die frei (à jour), meist in Silber gefaßt werden. Die kleineren Rosetten sind gleichsam Halbkugeln, deren Wölbung in viele dreiseitige Façetten getheilt ist; man giebt ihnen eine schwarze Unterlage, Folie. Solitäre nennt man Diamanten von hervorragender Größe.

Wir kennen die Bedingungen nicht, unter welchen die Kohle krystallisirte

und Diamant bildete. Gemachte Beobachtungen sprechen dafür, daß dies keinesfalls unter der Mitwirkung starker Hitze geschehen ist und daß wir kaum hoffen dürfen, jene Bedingungen zu erfüllen und Diamant künstlich zu erzeugen.

Erst im Jahre 1694 wurde der Beweis geführt, daß zwei auf den ersten Blick so ungemein verschiedene Körper wie Diamant und Kohle ein und derselbe Stoff seien, indem es gelang, Diamant im Focus eines großen Brennspiegels zu verbrennen. Die nähere Untersuchung zeigte, daß hierbei kein anderes Product als Kohlensäure (CO_2) gebildet wurde, ein Körper, der durch das Verbrennen von gewöhnlicher Kohle mit ganz denselben Eigenschaften erhalten wird. Dagegen vermochte man bis jetzt bei Anwendung der stärksten Hitze den Diamant weder zu schmelzen, noch ihn zu verflüchtigen; auch kennt man keine Flüssigkeit, die denselben auflöst, und in gleicher Weise verhalten sich auch die anderen Arten des Kohlenstoffs.

Der Diamant ist jedoch nicht ausschließlich Gegenstand des eiteln Schmuckes, sondern er leistet uns einen schätzenswerthen Dienst zum Zerschneiden oder vielmehr Sprengen des Glases, wozu seine Härte ihn vorzüglich geeignet macht.

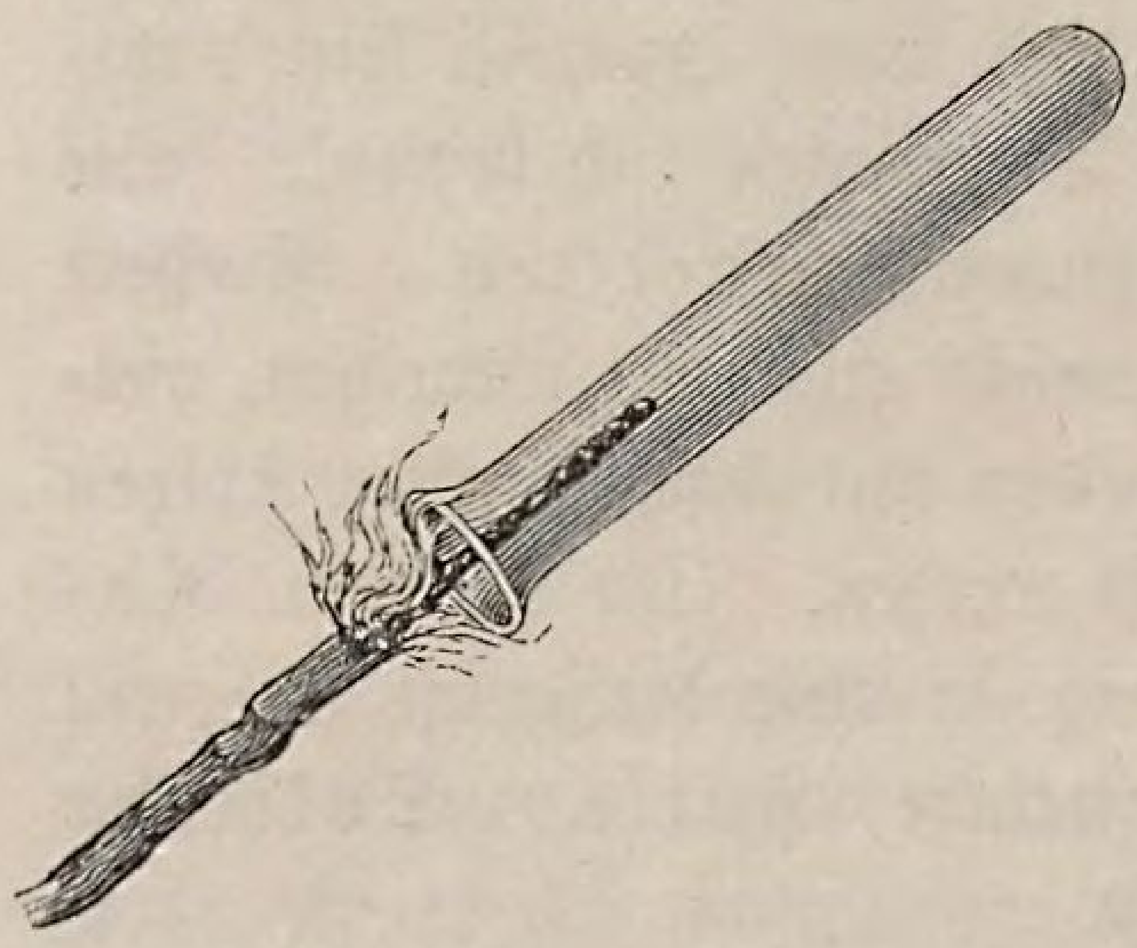
Keine der übrigen Kohlenarten ist so frei von fremden Beimengungen, als der Diamant, und wir betrachten ihn daher mit Recht als reinsten und vollkommensten Kohlenstoff.

Der Graphit, auch Reißblei genannt, ist ein dem Urgebirge angehöriges Mineral, von 2,2 specif. Gew., das mitunter aus reinem Kohlenstoff besteht, in der Regel jedoch erdige Einmengungen enthält, und beim Schmelzen des Eisens in Hochöfen auch künstlich sich bildet. Derselbe hat eine grauschwarze Farbe, ist krystallinisch, metallisch glänzend und abfärbend, so daß er auf dem Papier Striche giebt, worauf seine Benutzung zur Verfertigung der Bleistifte beruht. Eine weniger reine mineralische Kohle, der Anthracit, ist hart, mehr der Steinkohle ähnlich und dient als Brennstoff.

Die Steinkohle, die Braunkohle und der Torf sind kohlehaltige Gebilde, hervorgegangen aus der freiwilligen Pflanzenzersetzung, bei deren Betrachtung von diesen Erzeugnissen die Rede sein wird.

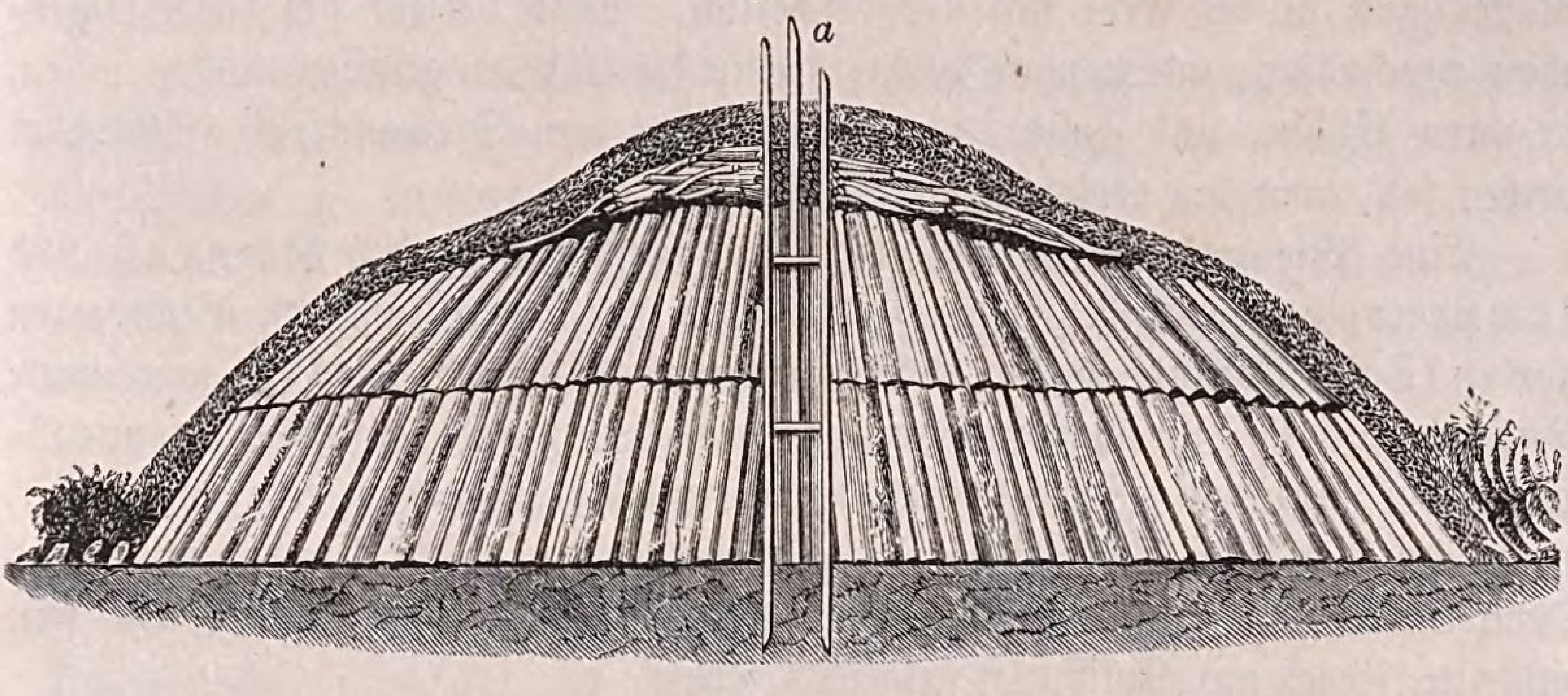
60 2. Die Vegetabilische oder Pflanzenkohle verräth durch den Namen ihren Ursprung. Getrocknete Pflanzenfaser, z. B. das Holz, besteht in Gewichtsprocenten aus 52,6 Kohlenstoff, 5,2 Wasserstoff und 42,1 Sauerstoff, so daß wir im Allgemeinen die Pflanzenstoffe als eine Verbindung von Kohlenstoff und Wasser ansehen und durch die Formel $C + H_2O$ vorstellen können. In der That reicht das Erhitzen derselben bei gehemmtem Luftzutritt hin, um die letzteren Elemente als Wasser verbunden, auszutreiben und Kohle als Rückstand zu gewinnen. Schiebe ich einen brennenden Holzspahn allmälig in eine Probirröhre, wie Fig. 24 zeigt, so brennt er außerhalb mit Flamme, während er inner-

Fig. 24.



halb verkohlt. Im Großen geschieht dieses bei der Gewinnung der Holzkohle, welche aus den schweren Holzarten, vorzüglich aus Buchenholz in Meilern, Fig. 25, bewerkstelligt wird. Das zusammengeschichtete Holz wird außen mit

Fig. 25.



Rasen und Erde bedeckt, alsdann inwendig angezündet, und indem diese Decke nur wenig Luft zutreten läßt, so geräth zwar allmälig der ganze Meiler in Gluth, aber es gehen vorerst nur der Sauerstoff und Wasserstoff des Holzes in den Verbrennungsproducten hinweg, während der Kohlenstoff größtentheils unverbrannt zurückbleibt. Von letzterem wird doch auch ein beträchtlicher Theil verzehrt, und zwar um so mehr, je vollkommner man die übrigen Stoffe ausbrennt. Um diesen Verlust zu vermeiden, wird in neuerer Zeit häufig die Verkohlung nicht allzuweit fortgesetzt, und dadurch die sogenannte Rothkohle erhalten. 100 Pfd. Holz liefern 20 bis 25 Pfd. Kohle.

Die Holzkohle ist sehr porös und besitzt daher ein geringes specifisches Gewicht; das der Buchenkohle ist = 0,187 und ein Kubikfuß derselben wiegt 8 bis 9 Pfund. Genauer betrachtet ist jedoch die Dichte der Pflanzenkohle größer, als die des Wassers; ein Stück Kohle schwimmt zwar auf letzterem, weil dieses in ihre kleinen lufthaltigen Zwischenräume nicht eindringen kann; feines Kohlenpulver sinkt dagegen in Wasser unter. Frisch ausgeglüht besitzt sie in hohem Grade das Vermögen, Gase und Dämpfe in ihren Zwischenräumen zu absorbiren oder zu verdichten, wodurch mitunter Erwärmung und Selbstentzündung entsteht. 1 Volum Kohle absorbirt 9 Volume Sauerstoff; 35 Volume Kohlensäure; 90 Volume Ammoniakgas. Schüttelt man fauliges Wasser, das Schwefelwasserstoff und Ammoniak enthält, mit dem Pulver frischgeglühter Holzkohle, so nimmt diese jene beiden übelriechenden Gase vollständig auf, und das Wasser kann auf diese Weise trinkbar gemacht werden. Auch Farbestoffe zieht die Holzkohle an, jedoch in geringerm Grade, als die Thierkohle; sie ist ein schlechter Leiter für Wärme und Elektricität, doch wird letztere von geglühter Kohle sehr gut geleitet.

Die Holzkohle wird zu einer Menge technischer Zwecke benutzt, am allgemeinsten zu starken Feuerungen im engen Raume. Von großer Bedeutung ist außerdem ihre Anwendung als Desoxydationsmittel, d. h. um den Oxyden ihren Sauerstoff zu entziehen, indem sie sich mit demselben zu Kohlensäure ver-

bindet. Fast alle Metalle, und namentlich das Eisen, werden gewonnen, indem man ihre Oxyde mit Kohle vermengt der Glühhitze aussetzt. Nächstdem ist ihre Anwendung zu Schießpulver eine der wichtigsten.

Die Kohle ist an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur nur wenig und im Wasser und in der Erde fast unveränderlich. Man bedient sich dieser Eigenschaft zweckmäßig, indem man Pfähle, die in die Erde eingelassen werden sollen, an ihren Enden, und Fässer, in denen Wasser zum Seetransport aufbewahrt werden soll, inwendig verkohlt.

Eine Pflanzenkohle in feinvertheiltem Zustande ist der Kienruß und Lampenruß, wovon der erstere zu gröberen, der letztere zu feineren schwarzen Farben (Tusche) benutzt wird. Man gewinnt den Kienruß durch das sogenannte Rußschweelen, indem man Harz, harzreiches Holz und dergleichen bei unvollkommenem Luftzutritt verbrennt und den entstehenden Rauch in eine Hütte leitet, in welcher der Ruß sich absetzt. Das Frankfurter Schwarz oder das Druckerschwarz ist eine durch das Verkohlen von Weinhefe erhaltene, sehr fein zertheilte, jedoch mit Kalisalzen gemengte Kohle.

Alle diese Pflanzenkohlen hinterlassen beim Verbrennen Asche; nur der wohlausgeglühte Lampenruß ist als reine Kohle anzusehen.

61 3. Animalische oder Thierkohle nennen wir die schwarze Masse, welche beim Verkohlen von Thierstoffen zurückbleibt. Sie ist von der vorhergehenden sehr verschieden, sowohl in ihren äußeren als chemischen Eigenschaften. Unter Thierstoffen verstehen wir Muskelfleisch, Haut, Haare, Horn, Knorpel, Gallerte der Knochen und Blut. Denken wir uns diese Stoffe im getrockneten also wasserfreien Zustande, so enthalten sie durchschnittlich in Gewichtsprocenten 55 Kohlenstoff, 22 Sauerstoff, 7 Wasserstoff, 16 Stickstoff und außerdem noch kleine Mengen von Schwefel und Salzen. Beim Erhitzen blähen jene Thierstoffe sich auf, schmelzen und backen zusammen, und liefern endlich eine dichte, oft metallisch glänzende, schlackenartig aussehende Kohle. Dieselbe enthält außer phosphorsauren und schwefelsauren Salzen namentlich eine beträchtliche Menge Stickstoff, so daß man sie füglich Stickstoffkohle nennen kann. Dies macht sie vorzüglich zur Darstellung des Cyans, NC, geeignet, einer chemischen Verbindung, welche die Grundlage zur Fabrikation des Berliner Blaues bildet.

62 Knochenkohle, Beinschwarz oder gebranntes Elfenbein, ist eine thierische Kohle, die durch die Verkohlung von Knochen erhalten wird. Wir müssen uns einen jeden Knochen als aus zwei in einander verwebten, zelligen Gebilden bestehend denken, wovon das eine weich ist und Knochengallerte oder Knorpel genannt wird, während der andere Theil aus einem harten Gewebe von Phosphorsaurem Kalk besteht und unverbrennlich ist. In der That, glühen wir Knochen bei ungehindertem Luftzutritt, so verbrennt der Knorpel vollständig, und es bleibt nur das weiße, feste Kalkgewebe stehen, man erhält die sogenannten weißgebrannten Knochen. Lege ich dagegen einen Knochen in Salzsäure, so löst diese das Kalksalz auf, ohne den Knorpel anzugreifen, welcher unverändert zurückbleibt; verkohlt man denselben jetzt für sich, so backen seine Kohlentheilchen zusammen, und man erhält eine dichte Stickstoffkohle. Wird

endlich ein Knochen ohne Weiteres verkohlt, so verhindern die zwischen dem Gewebe des Knorpels liegenden Kalktheilchen das Zusammenhängen der Kohletheilchen, und man bekommt daher in den schwarzgebrannten Knochen eine außerordentlich feinzertheilte thierische Kohle, vermengt mit phosphorsaurem Kalk.

Ganz besonders ausgezeichnet ist die Knochenkohle durch ihre Fähigkeit, sich mit Farbstoffen, die aufgelöst sind, zu verbinden, und dieselben aus den Flüssigkeiten zu entfernen. Man schüttele rothen Wein oder rothe Tinte mit einigen Löffeln voll Knochenkohle, und es wird nachher beim Durchseihen eine wasserhelle Flüssigkeit ablaufen. Hiervon wird in der Zuckerfabrikation eine ausgedehnte Anwendung zum Entfärben des Zuckersaftes gemacht, der beim Einkochen eine braune Farbe angenommen hat. Aber auch für viele chemische Präparate dient die Knochenkohle als Entfärbungsmittel.

Die Knochenkohle findet als schwarze Farbe, und zur Bereitung der Stiefelwichse Verwendung, indem man 2 Theile Knochenkohle mit 1/2 Theil Schwefelsäure vermengt und dann 2 Theile Syrup und etwas Wasser zusetzt.

Allotropie. Wir haben bereits mehrere Fälle kennen gelernt, daß ein und dasselbe Element die größte Verschiedenheit in seinen Eigenschaften, in Gestalt, Farbe, Härte, Dichte u. a. m. darzubieten vermag. Der Sauerstoff, als Ozon, der Schwefel und der Phosphor im gewöhnlichen und im amorphen Zustande sind hierher gehörige Beispiele. Am auffallendsten zeigt sich dies jedoch bei dem Kohlenstoff. Als Diamant krystallisirt derselbe in der Form des regulären Systems, während die krystallinischen Blättchen des Graphit dem rhombischen System angehören und der Lampenruß vollkommen amorph ist. Man bezeichnet diese merkwürdige Erscheinung mit dem Namen der Allotropie und sagt demnach, der Kohlenstoff existirt in drei allotropischen Zuständen. Dieselben müssen ihren Grund darin haben, daß die Atome oder Moleküle eines Elementes unter verschiedenen Einflüssen ihre gegenseitige Lage ändern. 63

Verbindungen des Kohlenstoffs. Mit Sauerstoff verbindet sich der Kohlenstoff in mehreren Verhältnissen: 64

1. Die Kohlensäure, CO_2, ist ein farbloses, geruchloses Gas, welches immer der atmosphärischen Luft beigemengt ist, in dem Verhältniß, daß 5000 Raumtheile derselben 2,5 Raumtheile Kohlensäure enthalten. Außerdem kommt sie, wie bereits erwähnt, in vielen Mineralen, namentlich mit Kalk verbunden, vor.

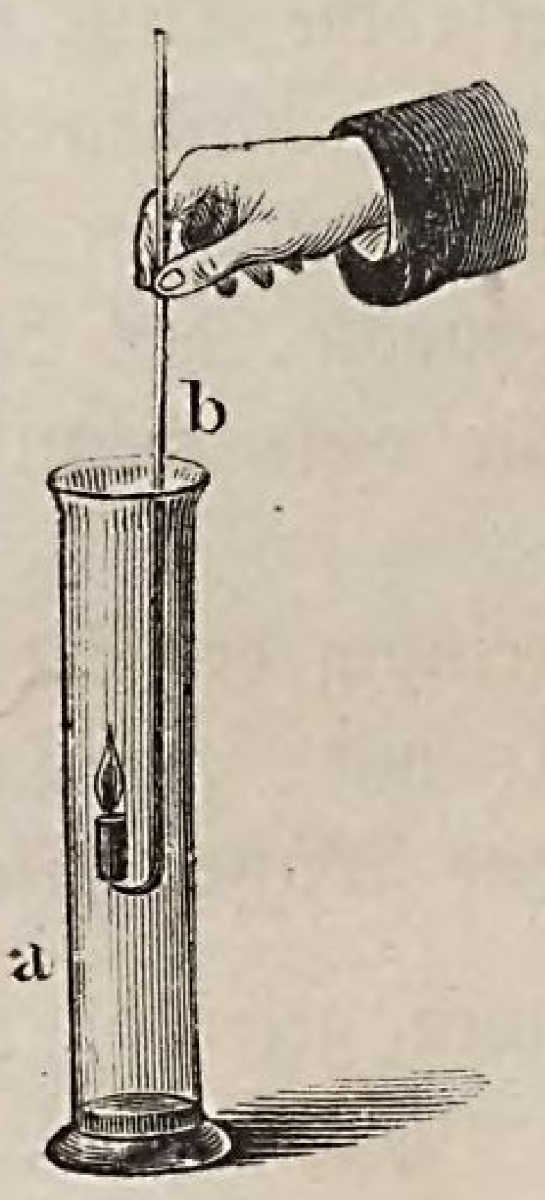
Fortwährend gebildet wird diese Säure beim Verbrennen und Verwesen kohlehaltiger Körper, bei der Gährung und beim Athmen der Thiere. Die Menge derselben in der Luft müßte demnach beständig zunehmen, allein die Pflanzen nehmen Kohlensäure aus der Atmosphäre auf, so daß der Kohlenstoff in einem merkwürdigen steten Kreislauf begriffen ist, bei welchem er vom Thierkörper oxydirt ausgeschieden und sodann bei seinem Uebergang in den Pflanzenkörper desoxydirt wird.

Zur Darstellung der Kohlensäure bedient man sich am bequemsten des

kohlensauren Kalks, CaO, CO_2, z. B. der Kreide, die man mit Salzsäure übergießt. Die Kohlensäure wird abgeschieden und entweicht in Luftblasen, wodurch ein heftiges Aufbrausen entsteht. Letzteres ist ein charakteristisches Merkmal für kohlensaure Salze oder Carbonate, sobald sie mit einer starken Säure benetzt werden.

Wird in ein mit Kohlensäure gefülltes Gefäß ein brennender Körper getaucht, so erlischt er augenblicklich. Ebenso plötzlich sterben Menschen und Thiere, die reine Kohlensäure einathmen, an Erstickung. Luft, deren Gehalt an Kohlensäure über 0,1 Procent beträgt, erweist sich der Gesundheit schädlich. Ihre Dichte ist 1,5 oder um die Hälfte größer als die der Luft; ein Liter Kohlensäuregas wiegt 1,967 Gramm; es sinkt daher in der Luft unter, wie Syrup in Wasser. Wenn man auf den Boden des Cylinders, Fig. 26, ein brennendes Licht hält und aus einem mit Kohlensäure gefüllten Gefäße das Gas langsam hineingießt, so erlischt das Licht, sobald jenes die Höhe der Flamme erreicht. In Kellern, wo große Mengen von Most oder Bier gähren, ist beständig die untere Luftschicht fast reine Kohlensäure, und nicht selten ersticken darin diejenigen, welche sich eines Geschäftes wegen bücken und so dieselbe einathmen. Man unterhält deswegen einen hinreichenden Luftwechsel, um dieses Gas zu entfernen, oder man rührt gebrannten Kalk mit Wasser an und schüttet die milchige Flüssigkeit, welche außerordentlich schnell die Kohlensäure aufnimmt, auf den Boden. Für solche, die an Kohlensäure erstickt sind, ist das Einathmen oder Riechen an Ammoniak (Salmiakgeist) das beste Gegenmittel.

Fig. 26.



Aus tieferen Schichten der Erde, wo kohlenhaltige Körper zersetzt werden, dringen an manchen Stellen luftige Ströme von Kohlensäure hervor, ähnlich wie die Wasserquellen. Gräbt man, namentlich in vulkanischen Gegenden, Löcher von einiger Tiefe, so hört man jenes Gas mit Geräusch hervordringen. Daher sammelt es sich häufig in der Tiefe von Brunnen, von Bergwerken, und veranlaßt auch da Unglücksfälle. Bei Neapel ist eine Höhle, die sogenannte Hundsgrotte, in welcher die aus dem Boden kommende Kohlensäure eine Schicht von einigen Fuß Höhe bildet. Während Menschen ohne Gefahr darin aufrecht gehen können, sterben Hunde, sobald sie in dieselbe gelangen.

Die Kohlensäure ist in Wasser auflöslich, und ertheilt demselben einen angenehm erfrischenden, schwach säuerlichen Geschmack. Alles im Freien vorkommende Wasser enthält etwas Kohlensäure aufgelöst. Treffen jedoch in der Erde Quellen von Kohlensäure und Wasser zusammen, so nimmt letzteres eine große Menge derselben auf und wird alsdann Sauerwasser, Säuerling genannt, wie z. B. das Selterser Wasser und viele andere. Ebenso ist die Kohlensäure in vielen Flüssigkeiten enthalten, die durch Gährung entstanden sind, wie im jungen Wein, im Bier und Champagner. Bei einer Temperatur von 12° R. löst das Wasser sein gleiches Volum Kohlensäure auf; unter höherm

Druck vermag es jedoch entsprechend größere Mengen dieses Gases aufzunehmen. Hierauf beruht die Einrichtung verschiedener Apparate zur Erzeugung künstlicher Säuerlinge oder kohlensäurehaltiger Getränke. Sehr verbreitet ist der Liebig'sche Gaskrug, Fig. 27, dessen innere Einrichtung die folgende Figur zeigt. Derselbe hat zwei Abtheilungen; in die obere, *C*, Fig. 28, welche 1 Liter aufnimmt, gießt man die mit Kohlensäure zu sättigende Flüssigkeit; man legt

Fig. 27.



Fig. 28.



hierauf den Krug horizontal, öffnet die untere Abtheilung und bringt in dieselbe 14 Gramme Weinsäurekrystalle und 16 Gramme Zweifach-kohlensaures Natron und etwas Wasser. Nachdem man die Oeffnung rasch verschlossen und den Krug aufrecht gestellt hat, dringt die sich entwickelnde Kohlensäure durch feine Oeffnungen, *a*, der Scheidewand *A* in die obere Abtheilung. Dieselbe würde ungefähr den vierfachen Raum der letztern einnehmen, und der hierdurch entstehende bedeutende Druck treibt die Flüssigkeit aus dem Rohr, wenn durch den Druck auf den obern Knopf das in demselben befindliche Ventil geöffnet wird. Es ist nothwendig, beim Füllen des Kruges stets, wie Fig. 28 zeigt, etwas Luft über der Flüssigkeit zu lassen, weil sonst leicht das Zerspringen des Kruges eintritt.

Wenn die Kohlensäure bei 0° einem Druck von 36 Atmosphären unterworfen wird, so verwandelt sie sich in eine Flüssigkeit, welche bei Aufhebung des Druckes außerordentlich rasch verdunstet und dadurch eine solche Menge von Wärme bindet, daß eine Kälte von — 80° bis 100° C. entsteht, bei der ein Theil der flüssigen Säure selbst gefriert.

2. Kohlenoxyd, CO, heißt die niedere Oxydationsstufe der Kohle, ein farb- und geruchloses Gas von 0,969 specif. Gew., das sich bildet, wenn dieselbe

bei unzureichendem Luftzutritt verbrennt. Durch Reduction entsteht Kohlenoxyd, wenn kohlensaurer Kalk mit Kohle vermengt stark geglüht wird:

$$CaO, CO_2 + C = CaO + 2\,CO.$$

Dieses Gas verbrennt mit schön blauer Flamme, die man häufig an Lichtflammen und Kohlenfeuern beobachtet, zu Kohlensäure. Das Kohlenoxydgas ist giftig; in einer Luft, die nur einige Procente Kohlenoxyd enthält, stirbt ein Thier nach kurzer Zeit; den Menschen verursacht es Kopfweh, Betäubung und es ist vorzugsweise die Ursache der Erstickungszufälle, die entstehen, wenn in verschlossenen Zimmern Kohlen verbrannt werden.

65 Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff. Der Kohlenstoff bildet mit dem Wasserstoff eine große Reihe fester, flüssiger und gasförmiger Verbindungen, von welchen die ersteren der organischen Chemie angehören. Hier werden nur die zwei wichtigeren der gasförmigen Kohlenwasserstoffe beschrieben:

1. Das Sumpfgas oder der Leichte Kohlenwasserstoff $= CH_4$; specif. Gew. 0,559.

2. Das Aethylen oder der Schwere Kohlenwasserstoff $= C_2H_4$; specif. Gew. 0,978.

Beide entstehen bei der Zersetzung organischer Stoffe.

Das Sumpfgas bildet sich, wenn Pflanzenreste in stehenden Gewässern, in Sümpfen sich zersetzen. An manchen Orten strömt es so reichlich aus der Erde, daß diese Gasquellen, einmal entzündet, immer fortbrennen, wie dies bei dem merkwürdigen heiligen Feuer von Baku in Asien der Fall ist. Dieses Gas ist farblos, geruchlos und verbrennt mit schwach leuchtender Flamme; wird es mit Luft gemengt und alsdann entzündet, so findet eine ähnliche Explosion Statt, wie bei der Verbrennung von Knallluft. In Steinkohlenbergwerken entwickeln sich außerordentliche Mengen dieses Gases, sogenanntes Grubengas; dasselbe vermischt sich mit Luft und veranlaßt furchtbare Explosionen, wenn zufällig durch ein Licht der Arbeiter dieses Gasgemenge angezündet wird. Eine große Anzahl armer Bergleute haben schon durch dieses Gas, welches sie Schwaden oder Schlagende Wetter nennen, den Tod gefunden. Diese Unglücksfälle führten zur Entdeckung der Sicherheitslampe (Fig. 29 u. 30), welche aus einer gewöhnlichen Oellampe besteht, die mit einem Drahtgitter rings umgeben ist. Bringt man eine solche Lampe in das explodirende Gasgemenge, so tritt dieses durch die Oeffnungen des Gitters in die Lampe, und entzündet sich darin. Die Flamme erleidet jedoch durch das Metallgewebe eine solche Abkühlung, daß sie erlischt, ohne nach außen sich fortzupflanzen. Von dieser Abkühlungsfähigkeit der Drahtgitter kann man sich leicht überzeugen, wenn man ein Drahtgewebe quer in die Flamme eines Lichtes hält, die alsdann nicht durch das Gitter geht, während es den brennbaren Gasen und Dämpfen den Durchgang gestattet, wie Fig. 31 veranschaulicht. Nichtsdestoweniger kommen noch Explosionen in den Kohlenbergwerken vor, wie dies die traurigen Ereignisse im Plauenschen Grunde bei Dresden am 2. August 1869 und von Castrop im Münsterlande am 15. Januar 1870 bestätigt haben, deren ersteres 269, letzteres 189 Bergleuten das Leben kostete.

$$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\\H\end{matrix}\right\}C$$

Das Sumpfgas ist zum großen Theil in dem zur Gasbeleuchtung angewendeten Gasgemenge enthalten. In theoretischer Hinsicht gilt dasselbe als Typus einer Reihe von organischen Verbindungen, welche von der nebenstehenden Formel desselben abgeleitet werden.

Das Aethylen, C_2H_4, wird durch Zersetzung des Weingeistes $= C_2H_6O$ erhalten, wenn man denselben mit 6 Thln. Schwefelsäure vermengt, erhitzt, wobei ihm letztere die Elemente des Wassers entzieht: $C_2H_6O - H_2O = C_2H_4$.

Fig. 29.

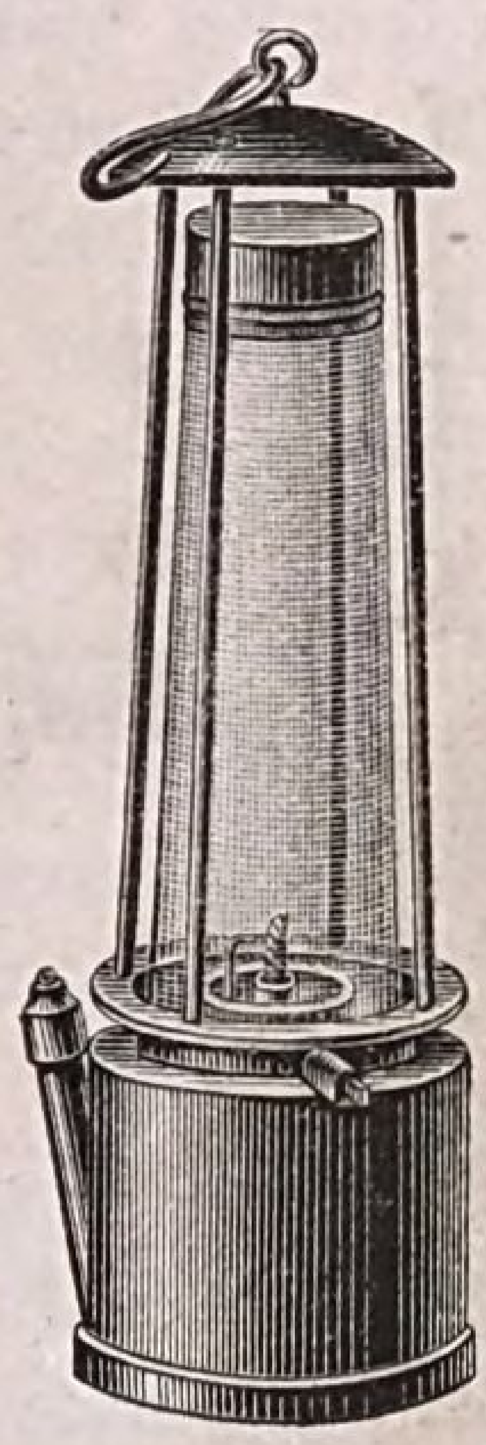


Fig. 30.

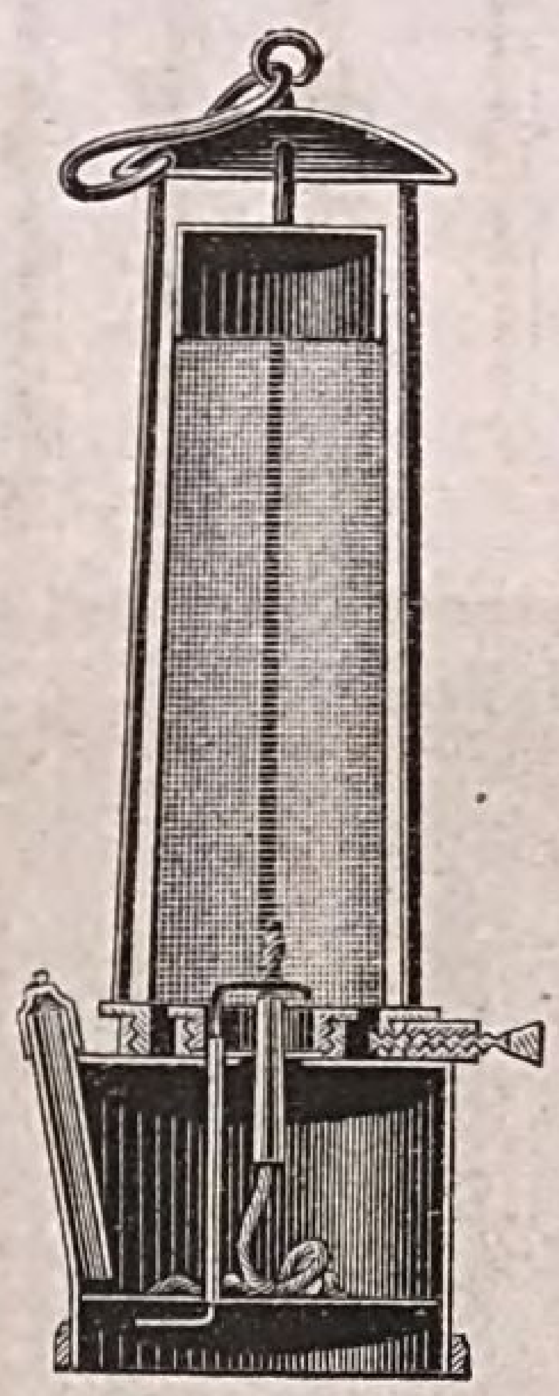
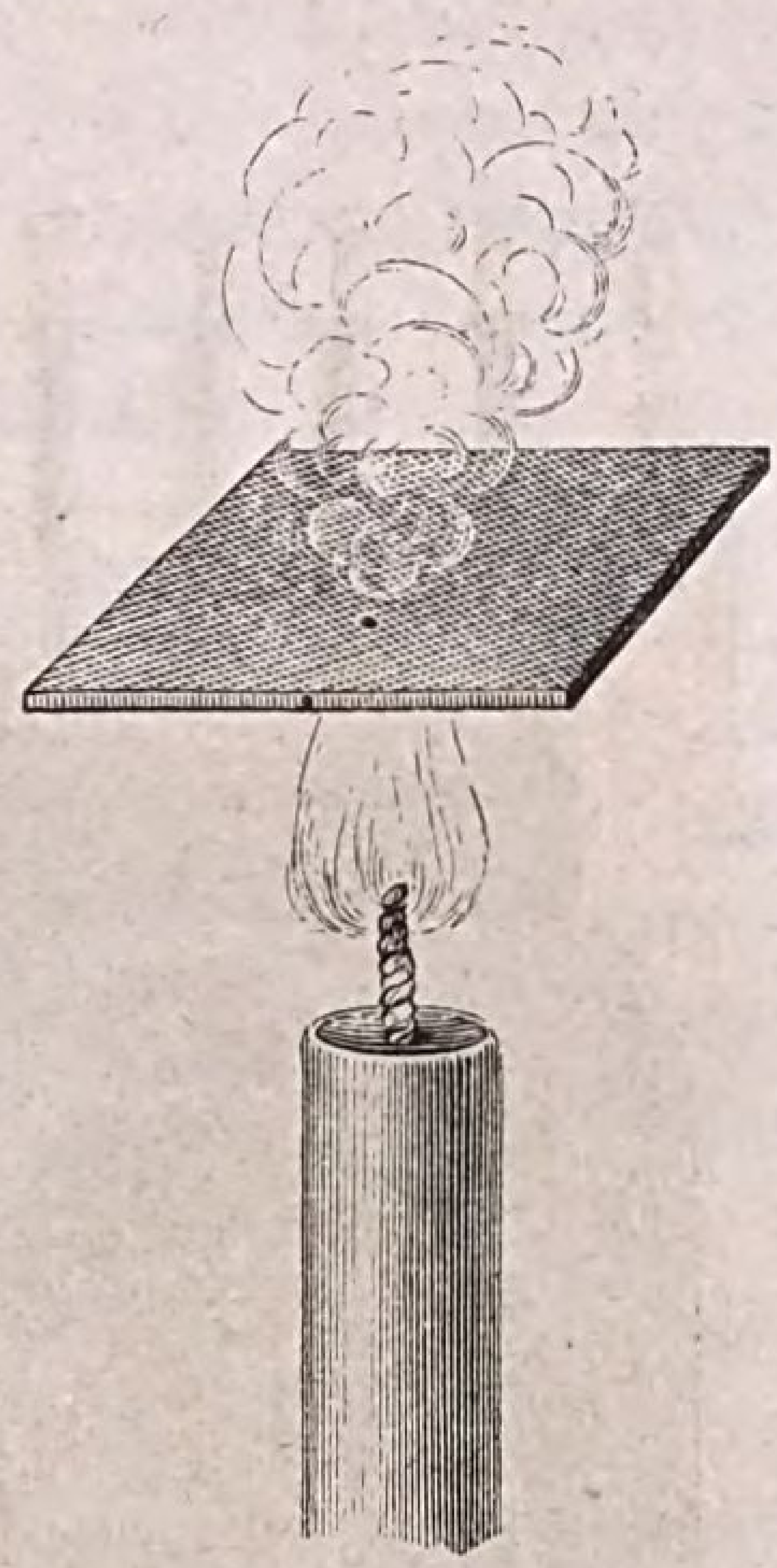


Fig. 31.



Es entsteht ferner, wenn organische Stoffe durch die Hitze zersetzt werden. Es ist farblos, riecht ätherartig und brennt mit stark leuchtender Flamme. Man nennt dieses Gas auch Oelbildendes Gas, weil es sich mit Chlor zu einer ölartigen Flüssigkeit, $C_2H_4Cl_2$, verbindet; in der Rothglühhitze zersetzt es sich in Kohle, Sumpfgas und Wasserstoff.

Die Gasbereitung. Das Gas, welches zur Beleuchtung dient, und 66
gewöhnlich Leuchtgas genannt wird, ist der Hauptsache nach ein Gemenge der im Vorhergehenden beschriebenen Kohlenwasserstoffe. Dieselben entstehen immer, wenn organische Stoffe auf einen gewissen Grad erhitzt werden. Indem wir eine Kerze anzünden, setzen wir eine kleine Gasfabrik in Thätigkeit; allein die erzeugten Gase werden hier sogleich an der Stelle und im Augenblick ihrer Erzeugung verbrannt, während sie bei der Gasfabrikation in eigenen Behältern, den Gasometern, angesammelt und aufbewahrt werden.

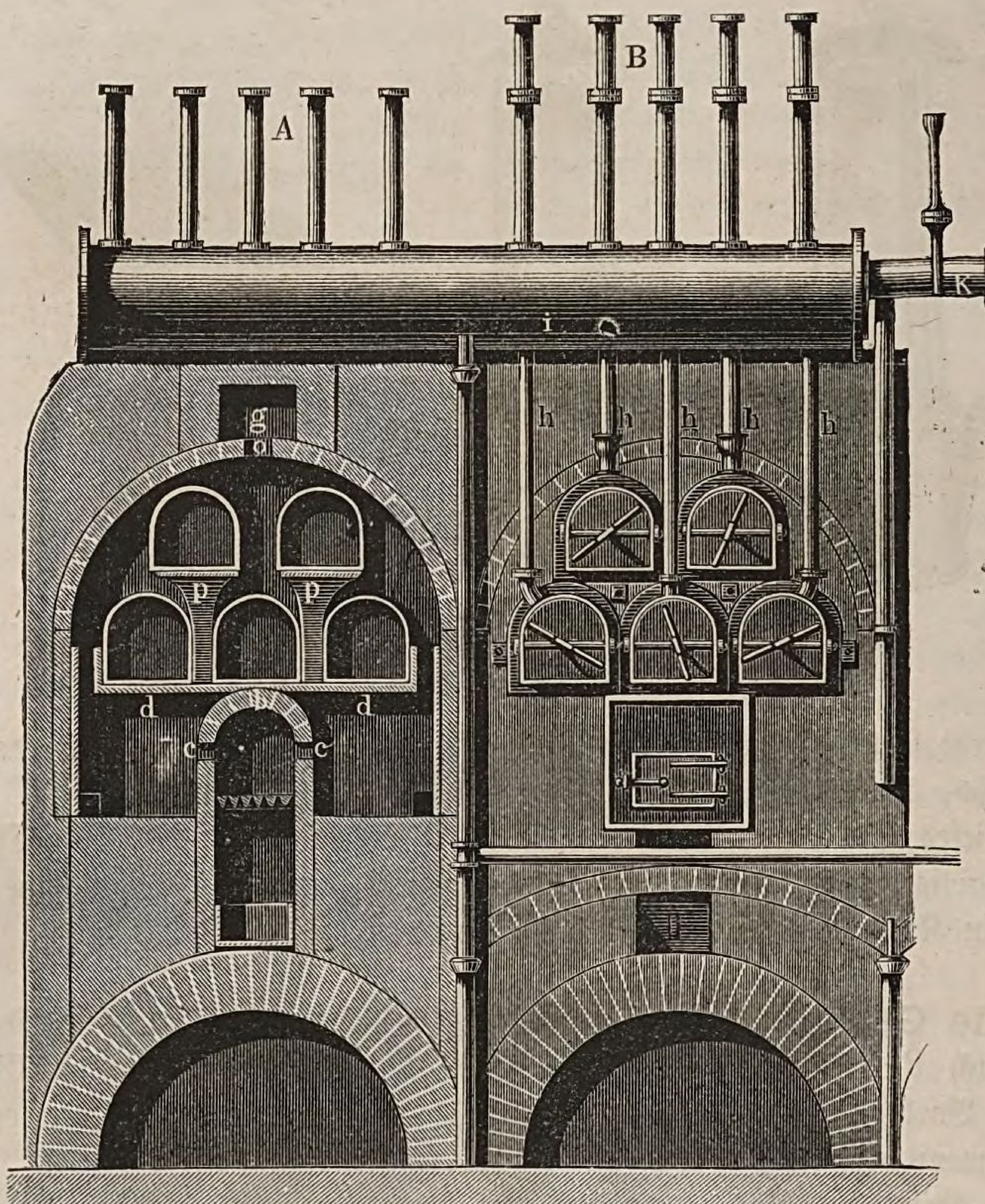
Aus dem Gesagten ergiebt sich, daß alle organischen Stoffe zur Erzeugung des Leuchtgases verwendbar sind; in der That werden in größerm Maaßstabe jedoch nur die Steinkohle und das Holz hierzu benutzt.

Das Steinkohlengas, in England seit 1798 eingeführt, wird durch 67

Destillation der Steinkohle gewonnen. Diese besteht im Wesentlichen aus ungefähr 70 bis 80 Proc. Kohlenstoff, 5 bis 8 Proc. Sauerstoff und 5 Proc. Wasserstoff. Allein sie enthält stets kleinere Mengen von Stickstoff und Zweifach-Schwefeleisen, FeS_2, die ebenfalls an der Zersetzung sich betheiligen, unter Bildung von Ammoniak, NH_3, und Schwefelwasserstoff, H_2S.

Die Fabrikation des Steinkohlengases zerfällt in drei Theile, nämlich in die Erzeugung, in die Reinigung und in die Auffammlung und Vertheilung desselben. Die Erzeugung geschieht in sogenannten Retortecylindern aus Thon, deren ⌓-förmigen Querschnitt Fig. 32 zeigt. Wie man sieht, liegen solcher

Fig. 32.



fünf in einem Ofen; die äußere Ansicht rechts läßt erkennen, daß der aus dem Ofen hervorragende Kopftheil jeder Retorte durch einen aufgeschraubten Deckel verschlossen und mit einem aufsteigenden Rohr *h* zur Abführung des Gases versehen ist. Die Retorten werden mit trocknen Steinkohlen gefüllt und einer mäßigen Rothglühhitze ausgesetzt. Es entwickelt sich Gas, das jedoch mit Dämpfen von Theer, mit Schwefelwasserstoff, mit Ammoniak und mit Kohlen-

säure verunreinigt ist, die seiner Anwendung nachtheilig sind. Man leitet es durch einen mit dem Steigrohre *h* verbundenen und in der Abbildung dessen obern Theil verdeckenden absteigenden Schenkel zunächst in den horizontal liegenden Cylinder *i*, wo der Theer sich absetzt, der eine ausgebreitete Verwendung in der chemischen Industrie findet. Auch verdichtet sich hier Wasser, das Ammoniak enthält und aus welchem Ammoniaksalze in Masse gewonnen werden. Das Gas streicht alsdann durch mehrere Behälter, in welchen es abgekühlt und mit Wasser in Berührung gebracht wird, so daß die demselben beigemengten Dämpfe noch weiter sich verdichten und ausscheiden; hierauf leitet man es über ein lockeres Gemenge von gelöschtem Kalk und Schwefelsaurem Eisenoxydul mit Sägespähnen, wodurch es von Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Ammoniak befreit wird. Das gereinigte Gas wird schließlich in dem Gasometer angesammelt, welcher ein großes aus Eisenblech luftdicht zusammengefügtes, mit Wasser abgesperrtes Gefäß ist, das, mit einem Gegengewicht versehen, sehr leicht in die Höhe gehoben werden kann. Indem das Gas unten eintritt, hebt es allmälig den Gasometer, bis er ganz gefüllt ist, worauf man den Hahn der Zuleitungsröhre abschließt. Soll das Gas in die nach den verschiedenen Punkten seiner Anwendung gehenden Röhren treten, so öffnet man den Hahn des Ausführungsrohres, beschwert den Gasometer mit einem Gewicht, wodurch er langsam heruntergeht, und in dem Maaße als das Gas entweicht, tiefer ins Wasser einsinkt.

Das Steinkohlengas ist ein Gemisch der beiden Kohlenwasserstoffe mit 68
Kohlenoxydgas und Wasserstoff in sehr veränderlichen Mengen, je nach der Beschaffenheit der Kohle und dem Gang der Fabrikation, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

100 Raumtheile enthalten	Gas aus Cannelkohle.	Gas aus gewöhnlicher Steinkohle.
Wasserstoff	25,82	74,60
Sumpfgas	51,20	41,53
Schweres Kohlenwasserstoffgas	13,06	3,05
Kohlenoxyd	7,85	7,82
Stickstoff, Sauerstoff (Kohlensäure)	2,07	—
	100,00	100,00
Leuchtkraft	34,4	13,0

Als Rückstand bleiben in den Retorten die sogenannten **Koks** zurück, eine grauschwarze poröse Kohle, welche als vorzügliches Brennmaterial verwendet wird.

Das Leuchtgas ist farblos, von eigenthümlichem Geruch, welcher herrührt von den Dämpfen höchst flüchtiger Oele, die es stets noch enthält und die seine Leuchtkraft erhöhen; es darf Kalkwasser nicht trüben, Bleilösung nicht schwärzen, rothe Lackmustinctur nicht bläuen, weil es sonst verunreinigt wäre mit Kohlen-

säure, Schwefelwasserstoff und Ammoniak; seine Leuchtkraft wird durch das Photometer bestimmt und meistens verlangt, daß die Lichtstärke einer Gasflamme gleich der von 10 bis 12 Wachskerzen sein soll. Das Leuchtgas ist um so vorzüglicher, je größer sein specifisches Gewicht, folglich je größer sein Gehalt an Schwerem Kohlenwasserstoff ist. Durchschnittlich ist dasselbe halb so groß als das der Luft, weshalb es zur Füllung der Luftbälle dient.

69 Das Holzgas, zuerst 1851 in München eingeführt, wird durch Erhitzen aus Holz gewonnen, wobei es wesentlich ist, den entstehenden Theer möglichst in Gas zu zersetzen. Man erreicht dies, indem die Destillation in einer Retorte vorgenommen wird, welche den dreifachen Rauminhalt der Holzladung hat, die ihr gegeben wird. Das Holzgas hat den Vorzug, daß es keiner Reinigung von Schwefelwasserstoff und Ammoniak bedarf; dagegen ist es schwierig, dasselbe von seinem großen Gehalt an Kohlensäure hinreichend zu befreien. Als Nebenproducte erhält man Holztheer, Holzessig und Holzkohle.

Da die Einrichtungen der Gasindustrie von England ausgegangen sind, so wird in derselben fast durchgehend nach englischen Kubikfußen gerechnet. Hiernach verzehrt eine gewöhnliche Gasflamme stündlich 4 bis 5 Kubikf. Gas. Für die öffentliche Beleuchtung und den Verbrauch im Großen ist der Preis von 1000 Kubikf. Steinkohlengas durchschnittlich 1⅔ Thlr.; für den Privatgebrauch 2 bis 3 Thlr.; Holzgas ist etwas theurer. Es liefern durchschnittlich: 100 Pfd. Steinkohle 500 Kubikf. Gas und 70 Pfd. Koks; 100 Pfd. Holz 550 bis 650 Kubikf. Gas und 18 bis 20 Pfd. Kohle.

70 Die Flamme. Die gasförmigen Körper bilden, indem sie verbrennen, die Flamme; auch flüssige und feste Körper verbrennen mit Flamme, wenn sie durch die zu ihrer Entzündung verwendete Hitze vorher in Dampf verwandelt oder in gasförmige Producte zersetzt worden sind; daher sehen wir die Mehrzahl der Körper, wie z. B. Wasserstoff, Leuchtgas, Weingeist, Oel, Schwefel, Phosphor, Holz und selbst Metalle, wie Kalium und Zink, mit Flamme verbrennen. Dagegen nimmt man keine Flamme wahr beim Verbrennen der Kohle und des Eisens.

Nur die festen Körper strahlen stark Licht aus, sobald sie glühend werden; daher brennen Flammen, in welchen keine glühende feste Stoffe sich befinden, mit sehr geringer Lichtstärke, wie dies beim Wasserstoffgas, Sumpfgas und dem Weingeist der Fall ist. Das Schwere Kohlenwasserstoffgas leuchtet dagegen sehr stark, denn es zersetzt sich während des Verbrennens unter Ausscheidung von Kohle, welche letztere, fein zertheilt in der Flamme schwebend, weißglühend wird und so ein starkes Leuchten derselben bewirkt. Die beim Verbrennen des Phosphors entstehende feste weiße Phosphorsäure verbreitet, indem sie glühend wird, ein blendendes Licht, und ähnlich verhält es sich beim Verbrennen des Arsens und Zinks und des Magnesiums. Die schwach leuchtende Flamme des Wasserstoffs und des Knallgases strahlt ein glänzendes Licht aus, sobald man eine Spirale von Platindraht oder ein Stück Kalk in dieselbe bringt.

Betrachten wir eine gewöhnliche Kerzenflamme, Fig. 33, so unterscheiden wir deutlich drei verschiedene Theile. Der mittlere innere Theil aa' erscheint

dunkel, nicht leuchtend; er wird gebildet von den durch Zersetzung des Brennstoffs entstandenen Gasen und Dämpfen; die nun folgende Schicht ist stark leuchtend, denn hier beginnt deren Verbrennung unter Ausscheidung von Kohlenstoff in glühendem Zustande; der äußere Saum oder Mantel *bcd* leuchtet wenig, denn hier findet durch unmittelbaren Zutritt des Sauerstoffs der Luft vollständige Verbrennung Statt, daher dieser Theil auch der heißeste Theil der Kerzenflamme ist. Von dem Gesagten kann man sich überzeugen durch ein quer in die Flamme gehaltenes Drahtgewebe (Fig. 31); man erblickt alsdann unterhalb desselben die Flamme vergleichbar einem Blumenkelch; inmitten der Docht, umgeben von der dunklen Dampfhülle und dem leuchtenden Flammenring. Diesem entsprechend, entsteht an dem Drahtgewebe in der Mitte ein schwarzer Fleck, von ausgeschiedener Kohle (Ruß) herrührend, umgeben von einem glühenden Ring.

Fig. 33.



Bei unzureichendem Luftzutritt verbrennt nicht aller Kohlenstoff der Flamme, sondern ein Theil wird als Ruß abgeschieden; daher geben die sogenannten Argand'schen Lampen und Brenner mit hohler cylindrischer Flamme die stärkste Lichtwirkung, weil hier die Luft von Außen und Innen zutreten kann. Auch das Leuchtgas brennt mit russender Flamme; man giebt daher letzterer meist eine sehr ausgebreitete Form, die des Fledermausflügels. Soll das Gas zum Kochen verwendet werden, so läßt man durch besondere Vorrichtungen Luft hinzutreten und sich damit vermischen, bevor es zur Verbrennung gelangt. Wie endlich die Flamme durch Einblasen von Luft wesentlich verändert (modificirt) werden kann, zeigen wir bei Beschreibung des Löthrohrs im mineralogischen Theile.

Kohlenstickstoff oder Cyan, $CN = Cy$. Die Kohle verbindet sich 71
nur unter besonderen Umständen mit dem Stickstoff, insbesondere wenn man stickstoffhaltige Kohle (§. 61) mit einem Alkalimetall glüht. Beide Elemente treten zu einem neuen Körper, CN, zusammen, der Cyan genannt wird und mit dem Metall sich verbindet.

Man erhält das Cyan durch das Erhitzen des Cyanquecksilbers, $HgCy_2$, als ein farbloses giftiges Gas von stechendem Geruch, das angezündet mit schön pfirsichblüthrother Flamme verbrennt. Dieser Körper hat hinsichtlich seiner Verbindungsweise eine große Aehnlichkeit mit dem Chlor, Brom und Jod, so daß er dieser Gruppe beigesellt und als ein einwerthiges zusammengesetztes Radical (vergl. §. 45) betrachtet wird, zu dessen Bezeichnung anstatt CN das Zeichen Cy angenommen worden ist. Der Name Cyan bedeutet soviel wie Blaustoff, weil derselbe mit Eisen eine schöne kornblumenblaue Verbindung, das sogenannte Berliner-Blau, bildet.

Mit Sauerstoff bildet das Cyan die Cyansäuren, welche später beschrieben werden.

Mit Wasserstoff bildet das Cyan die Cyanwasserstoffsäure, CyH, gewöhnlich Blausäure genannt, die durch Destillation von Cyanquecksilber mit Chlorwasserstoffsäure erhalten wird, $HgCy_2 + 2\,ClH = HgCl_2 + 2\,CyH$.

Diese Säure ist ein farbloses Gas von eigenthümlichem, sehr starkem Geruch nach bitteren Mandeln, auflöslich in Wasser, dem es seine Eigenschaften mittheilt. Die Blausäure ist eins der furchtbarsten Gifte, namentlich im wasserfreien Zustande. Mit Wasser verdünnt wird sie jedoch als Arzneimittel gegeben, und die Kerne des Steinobstes, die bitteren Mandeln, sowie die Blätter des Kirschlorbers, welche geringe Mengen von Blausäure enthalten, werden ebenfalls in der Medicin, außerdem auch zu Backwerk und zur Bereitung des Kirschwassers benutzt.

Mit Schwefel vereinigt sich das Cyan zu Schwefelcyan oder Rhodan, Cy_2S, einem Körper, den man nur in Verbindung mit Wasserstoff und Metallen kennt. Auch hat man ihn als Bestandtheil einiger organischer Stoffe, z. B. des Senföls, angetroffen. Das Schwefelcyan charakterisirt sich vornehmlich dadurch, daß es den Eisenoxydsalzen eine tief blutrothe Färbung ertheilt.

72 Schwefelkohlenstoff, CS_2. Specif. Gew. 1,272. Siedep. 43° C. In einer Röhre von Eisen oder Thon werden Holzkohlen glühend gemacht, alsdann Schwefel durch eine Oeffnung eingebracht, dessen Dämpfe nun über die Kohlen streichen, sich mit ihnen zu einem flüchtigen Körper verbinden, welcher, in einem guten Kühlapparat verdichtet, eine wasserhelle Flüssigkeit darstellt. Diese Flüssigkeit, Schwefelkohlenstoff genannt, ist eins der auffallendsten Beispiele, wie durch die chemische Verbindung die Eigenthümlichkeit ihrer Bestandtheile aufgehoben wird. Aus zwei festen Stoffen, dem gelben Schwefel und der schwarzen Kohle, erhalten wir einen flüssigen, wasserhellen Körper, der außerordentlich flüchtig ist, einen unangenehmen, starken Geruch besitzt und das Licht sehr stark bricht, so daß man die schönsten Farbenbilder durch die Glasgefäße, die ihn enthalten, erblickt. Bringt man in ein Uhrglas einige Tropfen Wasser, übergießt dieselben mit etwas Schwefelkohlenstoff und bewirkt durch Blasen eine möglichst rasche Verdunstung desselben, so gefriert das Wasser in wenig Secunden. Der Schwefelkohlenstoff ist sehr flüchtig, leicht entzündlich und giftig; er löst mit Leichtigkeit Schwefel, Kautschuk, Harze, Oele und Fette auf, und wird zum Vulkanisiren des Kautschuks und zum Ausziehen von Fetten angewendet. 1 Pfd. = 1/6 Thlr.

73 Chlorkohlenstoff entsteht durch die Einwirkung von Chlorgas auf das schwere Kohlenwasserstoffgas, indem letzterm der Wasserstoff nach und nach entzogen und durch Chlor ersetzt wird. Man erhält auf diese Weise eine Reihe verschiedener Verbindungen, darunter insbesondere den Dreifach-Chlorkohlenstoff, CCl_3, in Gestalt farbloser, kampherartig riechender Krystalle und den Vierfach-Chlorkohlenstoff, eine farblose, schwere Flüssigkeit, von aromatischem Geruch.

Silicium. Si = 28.

74 Das Silicium kommt niemals in unverbundenem Zustande vor, allein seine Verbindung mit Sauerstoff, die Kieselsäure, SiO_2, ist ein Hauptbestandtheil der meisten Minerale, und wir dürfen wohl annehmen, daß nächst dem Sauerstoff das Silicium die Hauptmasse der festen Erde ausmacht.

Von dem Sauerstoff abgeschieden, erhält man das Silicium entweder in Gestalt von grauschwarzen, glänzenden, blättrigen Krystallen, oder als ein Pulver von braungrauer Farbe, das nicht flüchtig ist und beim Erhitzen in Sauerstoffgas mit diesem zu weißer Kieselsäure sich wieder verbindet.

Verbindungen des Siliciums: Die Kieselsäure, SiO_2, hat 75
man in mehreren Zuständen und in verschiedenen Graden der Reinheit zu unterscheiden. Alle von der Mineralogie unter dem Namen Quarz begriffenen Minerale bestehen aus Kieselsäure, wie in reinstem Zustande der Bergkrystall und der Rheinkiesel, während andere, wie der Feuerstein, Achat, Carneol, Jaspis, Sandstein und Sand mehr oder weniger fremde Beimengungen enthalten. Sie zeichnen sich jedoch alle durch große Härte aus, indem sie mit dem Stahle lebhafte Funken geben. Für sich schmilzt die Kieselsäure nur im stärksten Feuer; in Verbindung mit den Metalloxyden bildet sie die Kieselsauren Salze oder Silicate, aus welchen die Mehrzahl der Minerale besteht, sowie eine Reihe technisch-wichtiger Verbindungen wie das Glas, Porzellan und Thongeschirr.

Wird Kieselsäure in Gestalt von weißem Sand mit dem vierfachen Gewicht von Kohlensaurem Natron geglüht, so bildet sie mit demselben eine glasartige Verbindung, sogenanntes Wasserglas, die in Wasser löslich ist und woraus sich beim Zusatz von Salzsäure die Kieselsäure in Gestalt einer gallertigen Masse abscheidet, welche getrocknet ein weißes, leichtes Pulver, sogenannte Kieselerde, bildet. Die also abgeschiedene Kieselsäure ist in Wasser auflöslich, verliert jedoch diese Eigenschaft nachdem sie eingetrocknet worden ist.

Durch die Einwirkung kohlensäurehaltiger Gewässer auf kieselsäurehaltige Minerale werden diese allmählich zersetzt und kleine Mengen von Kieselsäure in Lösung übergeführt, so daß letztere von den Pflanzen aufgenommen zu werden vermag. In der That scheint die Kieselsäure ein den Pflanzen unentbehrliches Nahrungsmittel zu sein, da man dieselbe in allen Pflanzenaschen antrifft. Insbesondere reich an Kieselsäure sind die Gräser, ja es beruht die Eigenschaft einiger derselben, wie die der Gattung Carex, gleich einem Messer zu schneiden, auf der Ablagerung kleiner, harter Krystalle von Kieselsäure in den Blattzellen. Auch bestehen die festen Theile des Körpers einiger Weichthiere und Polypen, sowie vieler mikroskopischer Pflanzen- und Thierformen aus Kieselsäure.

Das Silicium ist ein vierwerthiges Element, $\overset{IV}{Si}$, und bildet mit dem Wasserstoff eine farblose, gasförmige Verbindung, Siliciumwasserstoff, SiH_4, welche an der Luft von selbst sich entzündet. Fluorsiliciumgas, $SiFl_4$, entsteht, wenn Fluorwasserstoffgas auf Kieselsäure oder kieselsäurehaltige Verbindungen einwirkt, $4\,HFl + SiO_2 = 2\,H_2O + SiFl_4$, und es beruht hierauf daß Fluorwasserstoff das Glas ätzt. Von wässeriger Fluorwasserstoffsäure wird Kieselsäure aufgelöst, unter Bildung von Kieselfluorwasserstoffsäure, $SiFl_4, 2\,FlH$, die in der analytischen Chemie Verwendung findet, da sie mit den Oxyden, den Kaliums und Bariums zu unlöslichen Verbindungen sich umsetzt.

Bor; B = 11.

76 Das Bor findet sich vorzüglich als Borsäure, B_2O_3, in einigen vulkanischen Seen von Toscana; diese Säure ist auch ein Bestandtheil mehrerer Minerale, insbesondere kommt Borsaures Natron unter dem Namen Borax oder Tinkal aus Tibet. Aus der Borsäure hat man das Bor sowohl in harten, dem Diamant sehr ähnlichen Krystallen, als auch in graphitähnlichen Blättchen und als chokoladefarbenes Pulver erhalten, so daß der Kohlenstoff, das Silicium und das Bor in ihren äußeren Eigenschaften eine merkliche Uebereinstimmung zeigen.

Die Borsäure bildet gereinigt farblose Krystallblättchen, die in Weingeist löslich sind und demselben, wenn man ihn anzündet, eine schöne grüne Farbe ertheilen, wovon zu farbiger Beleuchtung Gebrauch gemacht wird. Obgleich eine schwache Säure, treibt die Borsäure mit Salzen zusammengeschmolzen alle übrigen Säuren aus, weil sie selbst nicht flüchtig ist; sie bildet dabei mit den Metalloxyden glasartige Verbindungen.

B. Metalle.

77 Die Metalle zeigen in ihren Eigenschaften im Allgemeinen mehr Uebereinstimmung unter sich als die Metalloide; sie sind, mit Ausnahme des Quecksilbers, feste Körper, die in höherer Temperatur schmelzen und bei sehr hohen Hitzegraden sich in Dampf verwandeln. Die Farbe der Metalle ist weiß in mehrfacher Abstufung, einige wenige sind gelb und nur das Kupfer ist roth; auf dem Bruch sind sie in der Regel krystallinisch, und von mehreren Metallen finden sich wohlausgebildete Krystalle oder sie lassen sich als solche künstlich darstellen; ihre polirte Oberfläche wirft das Licht mit lebhaftem Glanz, dem charakteristischen Metallglanz, zurück. Endlich gelten die Metalle als die besten Leiter der Wärme und der Elektricität.

Die meisten Metalle haben ein bedeutendes, über 5 betragendes specifisches Gewicht und werden Schwere Metalle genannt; diese zeichnen sich zugleich durch den starken Zusammenhang ihrer Theilchen aus, weshalb sie dehnbar, hämmerbar sind und in Draht sich ausziehen lassen. Die übrigen Metalle heißen Leichte Metalle.

Unter sich mischen sich die geschmolzenen Metalle in jedem Verhältniß und geben die Legirungen, welche die mittleren Eigenschaften ihrer Bestandtheile besitzen; doch liegt ihr Schmelzpunkt meist niederer, als dem entspricht. Mit Ausnahme des Eisens und der ihm ähnlichen Metalle löst das Quecksilber die Metalle auf und bildet damit die sogenannten Amalgame.

Die Gegenwart eines Metalls giebt sich nicht selten sofort zu erkennen durch die eigenthümliche Färbung, welche der Dampf desselben einer Lichtflamme ertheilt; es läßt sich jedoch die kleinste Spur eines Metalls in einer Flamme entdecken durch die charakteristischen Linien, welche sich alsdann in dem Farbenspectrum derselben zeigen (Physik §. 205).

Zu dem Sauerstoff haben die meisten Metalle eine große Verwandtschaft und in der Regel kommen sie in den Mineralen und Erzen mit diesem Element verbunden vor. Die niederste Oxydationsstufe, Oxydul genannt, und die nachfolgende, das Oxyd, besitzen im Gegensatz zu den Säuren, die der Sauerstoff mit den Metalloiden bildet, basische Eigenschaften; nur einige der höchst oxydirten Metalle haben den Charakter von Säuren und werden Metallsäuren genannt.

Die Verwandtschaft der Metalle zum Sauerstoff offenbart sich in ihrem Verhalten zum Wasser; einige entziehen diesem den Sauerstoff schon bei gewöhnlicher Temperatur, andere in der Siedhitze, andere erst in der Rothglühhitze, während eine kleine Gruppe derselben unter keinen Umständen dem Wasser Sauerstoff entzieht.

Salze. Durch die Vereinigung der Metalloxyde oder Basen mit den Säuren entsteht eine überaus wichtige Klasse chemischer Verbindungen, welche man Salze nennt. Man unterscheidet: Neutrale Salze, welche für jedes Atom Sauerstoff in der Base auch ein Molekül Säure enthalten; Saure Salze, die sich betrachten lassen als Verbindungen eines neutralen Salzes mit dem Hydrat derselben Säure, die sie bereits enthält, und endlich Basische Salze, oder Verbindungen eines neutralen Salzes mit demselben Oxyd, das es bereits enthält, wie nachfolgende Formeln zeigen: 78

K_2O, SO_3 . . . . = Neutrales Schwefelsaures Kali.

$K_2O, SO_3 + SO_3, H_2O = K_2O, H_2O + 2SO_3$ = Saures Schwefelsaures Kali.

HgO, N_2O_5 . . . . = Neutrales Salpetersaures Quecksilberoxyd.

$2 HgO, N_2O_5$ . . . . = Basisch Salpetersaures Quecksilberoxyd.

Auf das Verhalten gegen Pflanzenfarben wird hierbei keine Rücksicht genommen, denn manche Salze, die nach dem Vorstehenden neutral sind, verändern dieselben.

Säuren, die mehrere Moleküle Hydratwasser enthalten, werden Mehrbasische Säuren genannt und in ihren neutralen Salzen ist das Hydratwasser vollständig, in den sauren nur zum Theil durch Metalloxyd ersetzt. Z. B.:

Dreibasische Phosphorsäure; $3H_2O, PO_5$ — Neutral. Phosphors. Natron; $3Na_2O, PO_5$

Saures Phosphors. Natron;
$2Na_2O, H_2O, PO_5$,
oder: $Na_2O, 2H_2O, PO_5$.

Als mehrbasisch gilt namentlich eine Reihe von organischen Säuren.

Durch die Verbindung eines Salzes mit einem zweiten Salze entstehen die Doppelsalze, welchen jedoch dieselbe Säure gemeinsam ist, wie nachfolgende Formel des Alauns zeigt, der ein Doppelsalz von Schwefelsaurem Kali mit Schwefelsaurer Thonerde (Aluminiumoxyd) ist:

$$K_2O, SO_3 + Al_2O_3, 3SO_3.$$

Die Mehrzahl der Salze vermag, wenn sie aus wässeriger Lösung krystallisiren, Wasser chemisch zu binden, das daher **Krystallwasser** genannt wird. Diese Verbindung ist jedoch keine sehr innige, denn von manchen Salzen trennt sich das Krystallwasser von selbst, wenn sie an freier Luft liegen, so daß diese Salze zerfallen oder verwittern. Bei anderen Salzen entweicht das Krystallwasser vollständig, wenn sie bis 100° erhitzt werden. Es giebt Salze, die 2, 7, 10, ja 24 Moleküle Krystallwasser enthalten und die zum halben Gewicht Wasser sind. Bei den Salzen der schweren Metalle ist der Gehalt an Krystallwasser von wesentlichem Einfluß auf ihre Färbung. Schwefelsaures Kupferoxyd mit Krystallwasser, $CuO, SO_3 + 5\,H_2O$, ist prachtvoll blau; dasselbe Salz wasserfrei ist farblos. (Vergl. §. 33.)

Von großer Wichtigkeit für die praktische Chemie ist die **Löslichkeit** oder das Verhalten der Salze gegen Wasser. Manche sind in demselben unlöslich, andere schwer, wieder andere leicht löslich. Absolut unlöslich sind nur äußerst wenige Salze, z. B. der Schwefelsaure Baryt, BaO, SO_3; als schwerlöslich ist anzusehen, der Schwefelsaure Kalk oder Gyps, $CaO, SO_3 + 2\,H_2O$, da 1 Pfd. desselben 400 Pfd. Wasser zur Lösung bedarf, während gleichviel Schwefelsaures Natron, $Na_2O, SO_3 + 10\,H_2O$, hierzu nur $1/_2$ Pfd. erfordert und daher leicht löslich ist. Fast alle Salze sind in Wasser um so löslicher, je höher dessen Temperatur ist.

79 Das **Chlor** greift alle Metalle auf das Lebhafteste an und verbindet sich mit denselben, indem hierbei unter Umständen Licht und Wärme entwickelt wird. Aehnlich, jedoch minder energisch verhalten sich **Brom**, **Jod**, **Fluor** und **Cyan**. Auch lassen sich Verbindungen der genannten Elemente mit Metallen darstellen, wenn man die Wasserstoffsäuren derselben auf Metalloxyde einwirken läßt nach folgendem Beispiel:

Chlorwasserstoffsäure	und	Kaliumoxyd	geben	Wasser	und	Chlorkalium
$2\,ClH$	$+$	K_2O	$=$	H_2O	$+$	$2\,KCl$

In beiden Fällen entstehen neutrale Verbindungen, welche ähnliche Eigenschaften haben, wie die aus der Vereinigung der Säuren mit den Basen gebildeten **Oxydsalze**. Wegen der Fähigkeit des Chlors und der ihm verwandten Elemente, mit den Metallen salzähnliche Verbindungen einzugehen, hat man diese Gruppe von Körpern **Halogene**, d. i. Salzbilder, und ihre Salze **Haloidsalze** genannt. Bei den Haloidsalzen der leichten Metalle kommt in der Regel auf 1 At. des Metalls 1 At. des Salzbilders. Bei den schweren Metallen finden sich öfter mehrere Verbindungsstufen, die in ihrer Zusammensetzung den Oxydulen und Oxyden entsprechen und für deren Benennung wir folgende Beispiele anführen:

Eisenoxydul, FeO.	Eisenchlorür, $FeCl_2$.
Eisenoxyd, Fe_2O_3.	Eisenchlorid, Fe_2Cl_6.
Quecksilberoxydul, Hg_2O.	Quecksilberchlorür, Hg_2Cl_2.
Quecksilberoxyd, HgO.	Quecksilberchlorid, $HgCl_2$.

80 Der **Schwefel** ist nächst dem Sauerstoff derjenige Körper, mit welchem die Metalle am häufigsten vorkommen. Seine natürlichen Verbindungen mit

den schweren Metallen sind metallisch glänzende Minerale und werden deshalb Glanze, Blenden und Kiese genannt, während die künstlich dargestellten eigenthümlich gefärbte, amorphe Niederschläge bilden (§. 46). Die Schwefelmetalle, auch Sulphüre genannt, zeigen im Allgemeinen viel Neigung, sich mit Sauerstoff zu verbinden, so daß ein Theil derselben schon in der Luft und selbst unter Wasser sich oxydiren und in Schwefelsaure Metalloxyde verwandeln, während andere dies erst dann thun, wenn sie bei Zutritt der Luft erhitzt, oder wie der technische Ausdruck lautet, geröstet werden. Mit den leichten Metallen bildet der Schwefel braunroth gefärbte Verbindungen, die sogenannten Schwefellebern, welche in Wasser leicht löslich und starke Basen sind; einige der schweren Metalle bilden mit dem Schwefel höhere Verbindungsstufen, die wie Säuren sich verhalten und mit den vorhergehenden zu eigenthümlichen Schwefelsalzen sich verbinden. Viele Schwefelmetalle zersetzen sich beim Zutritt einer Säure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und Bildung eines Oxydsalzes.

Schwefeleisen und Schwefelsäure geben Schwefelwasserstoff und Schwefels. Eisenoxydul

$$FeS + H_2O, SO_3 = H_2S + FeO, SO_3$$

Eintheilung der Metalle. Wir haben gesehen, daß unter den 81
nichtmetallischen Elementen sich mehrere Gruppen vorfinden, deren Glieder durch ihre äußeren Eigenschaften und mehr noch durch ihren chemischen Charakter ihre Zusammengehörigkeit erkennen lassen. Wir erinnern, als an die bedeutendste, an die Gruppe der Halogene, gebildet von Chlor, Brom, Jod, Fluor, während Kohlenstoff mit Silicium und Bor, sowie Phosphor mit Arsen kleinere Gruppen darstellen. Es ist möglich, daß durch spätere Entdeckungen manche Elemente, die jetzt vereinzelt stehen, in Gruppen einrücken.

Die zahlreicheren Metalle vertheilen sich gleichfalls in verschiedene Gruppen von ziemlich ausgeprägtem Charakter.

A. Leichte Metalle. Ihre Dichte ist unter 5; sie kommen niemals in unverbundenem Zustande vor und werden in metallischem Zustande nur selten verwendet; ihre Verbindungen sind, mit geringer Ausnahme, farblos und nicht giftig und mehrere sind wesentliche Bestandtheile der pflanzlichen und thierischen Nahrung.

a. Alkalimetalle: Kalium, Natrium, Lithium, Rubidium, Cäsium. Dieselben zersetzen das Wasser bei gewöhnlicher Temperatur; ihre leicht löslichen Oxyde, seit lange her Alkalien genannt, sind die stärksten Basen, ätzend, ziehen aus der Luft Kohlensäure und Wasser an, mit welch letzterm sie Hydrate bilden, die in der stärksten Hitze das Hydratwasser nicht abgeben.

b. Erdalkalimetalle oder Halberdmetalle: Calcium, Barium, Strontium, Magnesium.

Auch diese zersetzen das Wasser bei gewöhnlicher Temperatur. Ihre etwas schwer löslichen Oxyde sind starke, zum Theil ätzende Basen, die aus der Luft Kohlensäure und Wasser anziehen. Ihre Hydrate verlieren das Wasser schon in geringer Hitze.

c. Erdmetalle: Aluminium, Beryllium, Zirkonium, Thorium, Cerium, Lanthan, Didym, Yttrium, Erbium.

Sie zersetzen das Wasser erst, wenn dieses erhitzt wird; ihre Oxyde, von jeher Erden genannt, sind schwache, unlösliche, nicht ätzende Basen.

B. Schwere Metalle. Ihre Dichte ist über 5; sie werden vorzugsweise in metallischem Zustande verwendet und ihre Verbindungen sind meist lebhaft gefärbt und giftig. Die Oxyde derselben sind in der Regel schwächere Basen als die der vorhergehenden und unlöslich in Wasser; mit letzterm bilden sie Hydrate, die jedoch in geringer Hitze das Wasser verlieren.

a. Unedle Metalle: Eisen, Mangan, Chrom, Kobalt, Nickel, Zink, Kadmium, Indium, Kupfer, Blei, Thallium, Zinn, Titan, Wismuth, Antimon, Uran, Wolfram, Molybdän.

Dieselben finden sich als Erze, meist in Verbindung mit Sauerstoff oder Schwefel und Arsen, seltener gediegen; sie oxydiren sich mehr oder weniger an der Luft und zersetzen das Wasser in der Rothglühhitze; ihre Oxyde sind nicht flüchtig, schwer schmelzbar bis unschmelzbar und geben in hohen Temperaturen mit Kohle in Berührung an diese ihren Sauerstoff ab.

b. Edle Metalle: Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Palladium, Iridium, Osmium, Rhodium, Ruthenium.

Die edeln Metalle kommen fast nur gediegen vor, gegen Sauerstoff äußern sie eine geringe Verwandtschaft, so daß sie an der Luft unveränderlich sind und das Wasser nicht zersetzen.

A. Leichte Metalle.

Kalium.

K = 39; specif. Gew. 0,865; entdeckt 1807 von Davy.

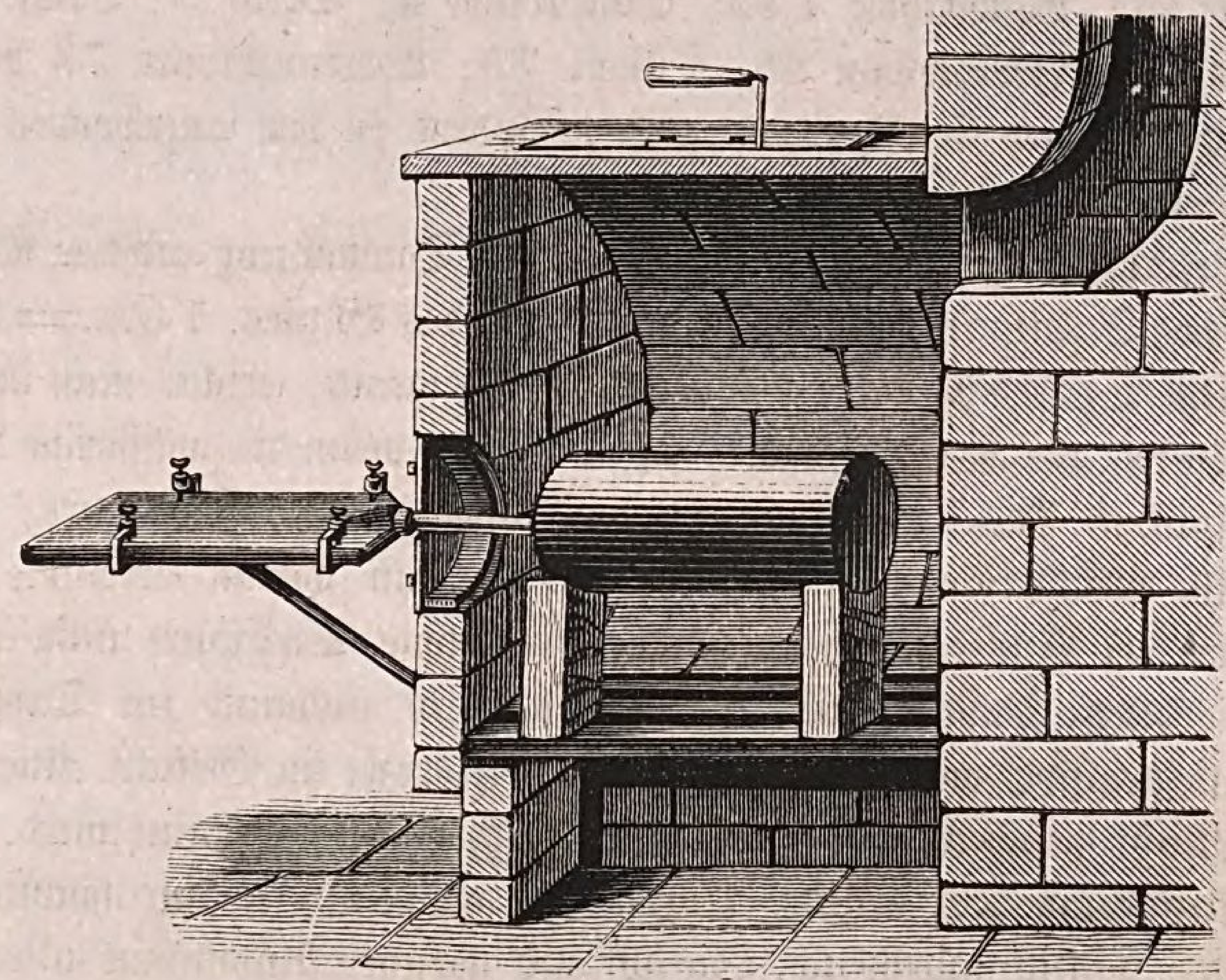
82 Wenn man Kohlensaures Kali, K_2O, CO_2 und Kohle mit einander vermischt, und in einem Cylinder von Schmiedeeisen, Fig. 34, der Weißglühhitze aussetzt, so wird durch den Kohlenstoff der Sauerstoff dem Kalium entzogen und dieses verflüchtigt sich in grünlichen Dämpfen, welche durch ein Rohr in ein als Vorlage dienendes, ganz flaches Behälter von Eisenblech treten, das durch aufliegendes Eis abgekühlt wird und worin die Kaliumdämpfe sich verdichten.

Das Kalium ist silberglänzend und so weich, daß man es kneten und mit dem Messer zerschneiden kann. Am merkwürdigsten jedoch ist seine außerordentliche Verwandtschaft zum Sauerstoff. In der That, läßt man es an der freien Luft liegen, so nimmt es augenblicklich Sauerstoff auf und bedeckt sich mit einer grauen Schicht von Kaliumoxyd. Allen Körpern, die Sauerstoff enthalten, entzieht es denselben mit der größten Heftigkeit, und man kann es daher nur dadurch in metallischem Zustande erhalten, daß man es in Steinöl aufbewahrt, welches aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht, also keinen Sauerstoff enthält.

Einer der schönsten chemischen Versuche ist jedoch der, daß man ein Stückchen Kalium auf Wasser, H_2O, wirft, das sich in einem Gefäß mit hohem

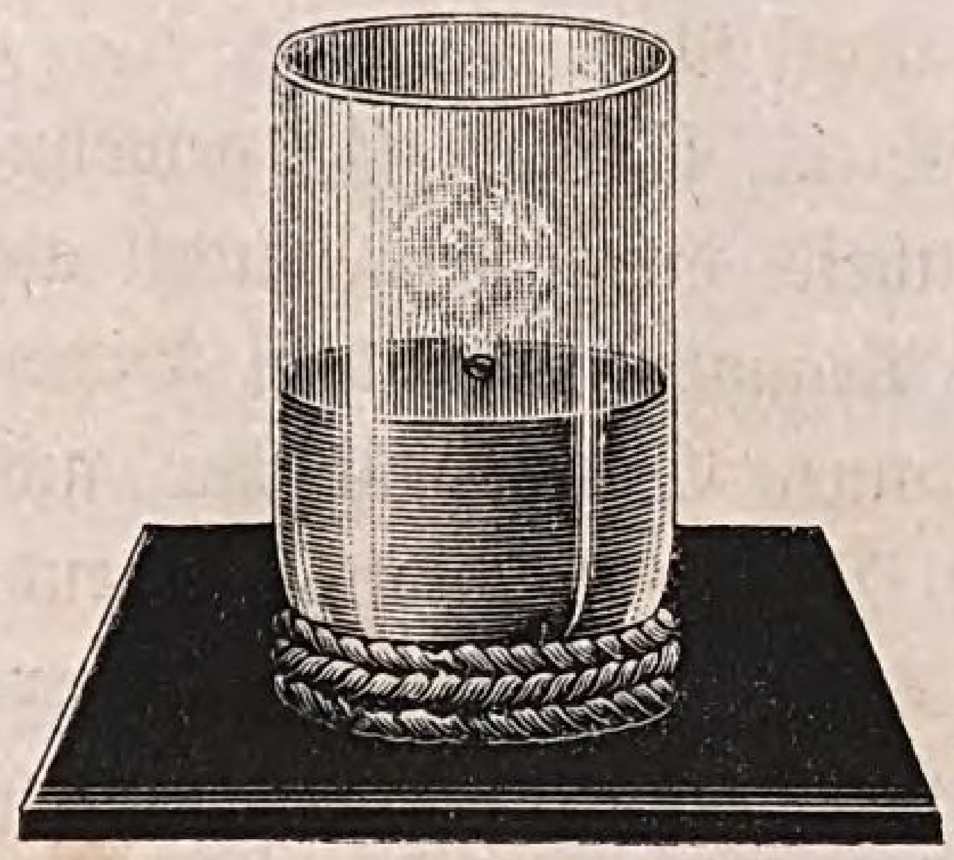
Rande befindet wie Fig. 35. Sogleich verbindet sich das Kalium mit dem Sauerstoff unter solcher Wärmeentwicklung, daß der frei werdende Wasserstoff

Fig. 34.



sich entzündet und verbrennt, und das zugleich verdampfende und verbrennende Kalium der Flamme eine schöne schwach violette Farbe ertheilt. Zischend fährt das feurige Metall auf dem Wasser hin und her, bis es vollständig zu Kaliumoxyd verbrannt ist, das in Wasser sich auflöst.

Fig. 35.



Das Kalium an und für sich hat in den Gewerben keine Anwendung, allein der Chemiker benutzt seine mächtige Verwandtschaft, um manchen anderen Oxyden, z. B. der Kieselsäure, Borsäure, dem Magnesiumoxyd, den Sauerstoff zu entziehen. Erst in neuerer Zeit, wo dieses und das folgende Metall im Großen fabrikmäßig dargestellt werden, hat sich der Preis des Kaliums sehr ermäßigt. 1 Pfd. = $33\frac{1}{2}$ Thlr.

Verbindungen des Kaliums. Das Kohlensaure Kali, K_2O, CO_2, erhält man, wenn Holzasche mit heißem Wasser übergossen und die ablaufende braune Lauge zur Trockniß verdampft und der Rückstand geglüht wird. Die weißgraue Masse wird Pottasche genannt, und enthält außer 50 bis 60 Procent Kohlensaurem Kali, noch Chlorkalium und Schwefelsaures Kali. Das gereinigte, vollkommen weiße Kohlensaure Kali hat einen mild alkalischen Geschmack und färbt geröthetes Lackmus blau, weil die Kohlensäure nicht hinreichend stark ist, um die höchst alkalischen Eigenschaften des Kalis 83

aufzuheben. Aus der Luft zieht es begierig Wasser an und zerfließt endlich vollständig.

Die Asche verschiedener Pflanzen hat einen sehr ungleichen Kaligehalt, denn man erhält aus je 1000 Pfd. der folgenden Pflanzenstoffe an Pottasche: Fichtenholz 0,45; Buchenholz 1,45; Eichenrinde 4; Stroh 5; Buchenrinde 6; Bohnenkraut 20; Brennesseln 25; Disteln 35; Wermuthkraut 73 Pfd. Die Pottaschensiederei wird in Rußland und besonders in den ungeheuren Wäldern Amerikas betrieben.

Man benutzt die Pottasche vorzugsweise zur Darstellung anderer Kaliverbindungen, wie des Salpeters, Alauns, der Seife und des Glases. 1 Ctr. = $9\frac{1}{2}$ Thlr.

84 Kalium-Oxyd, K_2O, gewöhnlich Kali genannt, erhält man in Verbindung mit Wasser als Kalihydrat, K_2O, H_2O, wenn die wässerige Auflösung von Kohlensaurem Kali so lange mit gelöschtem Kalk versetzt wird, bis dieser dem Kali alle Kohlensäure entzogen hat, was man daran erkennt, daß eine filtrirte Probe der Flüssigkeit beim Zusatz von etwas Salzsäure nicht mehr aufbraust. Die durch Ruhe geklärte Flüssigkeit wird alsdann zur Trockniß eingedampft und geglüht, worauf man das Kalihydrat in Gestalt einer weißen, steinharten Masse bekommt, welche gewöhnlich Aetzkali genannt wird.

Die Auflösung des Kalis, Aetzlauge genannt, ist im höchsten Grade alkalisch, d. i. basisch und ätzend. Sie löst mit geringer Ausnahme alle Pflanzen- und Thierstoffe, insbesondere die Fette auf, und ist als eine gefährliche Substanz zu betrachten; da sie ferner alle kieselhaltigen Gefäße angreift, so dürfen Arbeiten mit derselben, folglich auch ihre Bereitung, nur in eisernen oder silbernen Gefäßen vorgenommen werden. Das Kalihydrat wird in der Medicin, unter dem Namen Lapis causticus, als ein Aetzmittel angewendet. An der Luft zieht es Kohlensäure an und geht allmälig in Kohlensaures Kali über.

85 Ein wichtiges Kalisalz ist das Salpetersaure Kali, K_2O, N_2O_5, gewöhnlich Salpeter genannt. Wir erhalten denselben theils durch den Handel als indischen Rohsalpeter, der in Ostindien und Aegypten aus dem Boden wittert, theils durch Zersetzung des unter dem Namen Chilisalpeter aus Amerika kommenden Salpetersauren Natrons, Na_2O, N_2O_5, mit Pottasche; endlich gewann man ihn in Europa bisher vorzüglich in den sogenannten Salpeterplantagen, durch ein Verfahren, das zugleich die Erzeugung der zur Bildung des Salpeters erforderlichen Salpetersäure bezweckt. Wie in §. 39 erwähnt, verbindet sich der Stickstoff mit dem Sauerstoff nur unter besonderen Umständen zu Salpetersäure. Es geschieht dies namentlich, wenn thierische stickstoffhaltige Substanzen, in Berührung mit Metalloxyden gebracht, der Zersetzung überlassen werden. Es entsteht alsdann Salpetersäure, die sich mit jenen Oxyden verbindet, und dieses ist daher der Fall in den Ställen, in der Nähe von Dungstätten überhaupt, wo Thierstoffe verwesen, und nicht selten sieht man an Mauern einen Ueberzug von kleinen Krystallen eines bitterlich kühlend schmeckenden Salpeters. Indem man nun absichtlich Thierstoffe, Dünger mit Kali und Kalk enthaltender feuchter Erde zusammenhäuft, giebt man Veranlassung zur Bildung von Salpeter. Man zieht aus solchen salpeterhaltigen Massen mit heißem

Wasser dieses Salz aus und reinigt es durch öfteres Krystallisiren, so daß es endlich in farblosen sechsseitigen Säulen erhalten wird. 1 Ctr. = $13^1/_2$ Thlr.

Der Salpeter ist löslich in 4 Thln. Wasser und hat einen kühlend salzigen Geschmack; er wird als Arzneimittel und zur Bereitung der Salpetersäure angewendet; auch erweist er sich als ein vorzügliches Dungmittel. In der Hitze schmilzt derselbe, und wenn alsdann brennbare Stoffe mit ihm in Berührung kommen, so entziehen sie den reichlichen Sauerstoff desselben und verbrennen mit großer Lebhaftigkeit. Hierauf beruht die Verwendung dieses Salzes zu Schießpulver.

Das *Schießpulver* ist ein Gemenge von 75 Thln. Salpeter, 12 Thln. Schwefel und 13 Thln. Kohle, die für sich höchst fein gemahlen und feucht gemengt werden, worauf man die Masse durch Siebe drückt, so daß kleine Körnchen entstehen, die man polirt, indem sie in einem Fäßchen mit etwas Kohlenpulver umgedreht werden. Die Wirkung des Schießpulvers läßt sich leicht erklären. Dasselbe ist ein fester Körper, der aber in dem Augenblicke seiner Entzündung sich in mehrere gasförmige Verbindungen zersetzt, die namentlich noch durch die dabei erzeugte Hitze außerordentlich ausgedehnt werden und dadurch die stärksten Hindernisse beseitigen und die furchtbarsten Wirkungen hervorbringen können. Beim Verbrennen des Schießpulvers entstehen der Hauptsache nach: Stickstoff, Kohlenoxyd, Kohlensäure, Schwefelsaures Kali und Schwefelkalium.

Das *Schwefelsaure Kali*, K_2O, SO_3, ein schwer lösliches Salz, das aus harten, rhombischen Krystallen besteht, findet sich in der Asche besonders der Meerespflanzen und im Salzlager von Staßfurth; es dient zur Alaunfabrikation.

Das *Chlorsaure Kali*, K_2O, Cl_2O_5, bildet sich in Gestalt schöner glänzender Blättchen, wenn man Chlorgas in eine gesättigte Kalilösung leitet. Dieses sauerstoffreiche Salz verbrennt mit brennbaren Stoffen noch viel lebhafter als der Salpeter und ist daher sehr gefährlich; man benutzt es als Zusatz zur Masse der Reibzündhölzer, in der Feuerwerkerei und zur Darstellung des Sauerstoffs.

In Verbindung mit *Kieselsäure* ist das Kali in einer großen Anzahl von Mineralen enthalten, namentlich im *Feldspath*, $K_2O, 3\,SiO_2 + Al_2O_3, 3\,SiO_2$, der außerdem noch Kieselsaure Thonerde enthält. Indem diese unlöslichen Minerale unter der Einwirkung von kohlensäurehaltigem Wasser allmälig verwittern, wird das Kali in der Erde verbreitet, und dient als wesentliches Nahrungsmittel der Pflanzen, aus deren Asche wir es nachher gewinnen. Von den künstlich dargestellten glasartigen Verbindungen der Kieselsäure mit Kali wird später die Rede sein.

Haloidsalze des Kaliums: *Chlorkalium*, KCl, findet sich als Be- 86
standtheil der Pflanzenasche, des Meerwassers und der Salzquellen; es dient zur Darstellung anderer Kaliverbindungen und krystallisirt in Würfeln, gleichwie das *Jodkalium*, KJ, das ein wichtiges Arzneimittel ist. Das *Cyankalium*, KCy, ist äußerst giftig; es wird als Schmelzmittel und zur Reduction von Metalloxyden verwendet; da es mit den meisten schweren Metallen

zu leicht löslichen Doppelcyanüren sich verbindet, so hat es eine ausgedehnte Verwendung in der Photographie, sowie zur galvanischen Vergoldung und Versilberung.

87 Das Schwefelkalium, welches unsere Aufmerksamkeit besonders verdient, ist Fünffach-Schwefelkalium, K_2S_5, und entsteht, wenn ein Gemenge von völlig trockenem kohlensaurem Kali mit Schwefel erhitzt wird. Man erhält eine geschmolzene, schön leberbraune Masse, daher auch Schwefelleber genannt, fast so alkalisch wie Aetzkali. Die Auflösung des Schwefelkaliums ist gelb und entwickelt beim Zusatz einer Säure Schwefelwasserstoff, indem zugleich ein Theil des Schwefels als höchst feiner weißer Niederschlag, Schwefelmilch genannt, sich abscheidet. An der Luft zieht das Schwefelkalium Sauerstoff und Feuchtigkeit an und geht in Schwefligsaures Kali über. Man benutzt das Schwefelkalium in der Medicin, namentlich zu den Schwefelbädern und in der Chemie als Desoxydationsmittel. Die Auflösung desselben ist im Stande, noch eine beträchtliche Menge Schwefel aufzunehmen.

Wenn Schwefelsaures Kali, K_2O, SO_3, und Kohle fein gepulvert, vermengt und stark geglüht werden, so entzieht die Kohle dem Salz allen Sauerstoff und verwandelt es in Einfach-Schwefelkalium, K_2S, das sobald es mit Luft in Berührung kommt sich entzündet und Pyrophor genannt wird.

Natrium.

Na = 23; Dichte 0,9; entdeckt 1807.

88 Dieses Metall wird aus Kohlensaurem Natron, Na_2O, CO_2, ganz in derselben Weise dargestellt, wie das Kalium; die Destillation desselben geht jedoch leichter von Statten. Seitdem dieses Metall in Masse zur Darstellung des Aluminiums gebraucht wird, hat sich die Methode seiner Gewinnung sehr verbessert und sein Preis beträchtlich erniedrigt. Vor ungefähr 30 Jahren kostete 1 Pfd. Natrium etwa 1000 Thlr., gegenwärtig 12 Thlr., was etwa das Doppelte seiner Erzeugungskosten ist. Im Wesentlichen hat das Natrium die äußeren Eigenschaften des Kaliums, doch mit der Ausnahme, daß es, auf Wasser geworfen, dieses zwar lebhaft zersetzt, sich dabei jedoch nicht entzündet. Legt man aber Natrium auf nasses Fließpapier, so erfolgt durch Reibung an diesem Entzündung, und das Metall verbrennt mit schön gelber Flamme. Außerdem zeigen das Natriumoxyd, Na_2O, Natron genannt, und das Schwefelnatrium so viel Uebereinstimmung in Bereitung, Eigenschaft und Anwendung mit den entsprechenden Kaliumverbindungen, daß es unnöthig ist, dieselben zu beschreiben. Wir gehen deshalb sogleich zu den Natriumverbindungen von besonderer Eigenthümlichkeit über.

89 Das Chlornatrium, NaCl, ist besser unter seinem gemeinen Namen Kochsalz bekannt, den wir daher auch beibehalten. Gewiß, ein Jeder wird die Wichtigkeit dieses Körpers anerkennen, der für Menschen und Thiere ein unentbehrliches Nahrungsmittel ist. Ein erwachsener Mensch enthält in seinem

Körper ungefähr 1 Pfd. Salz und verbraucht im Jahr durchschnittlich 16 Pfd. desselben. Ueberdies hat das Kochsalz für unsere Cultur eine große Bedeutung, denn es ist die alleinige Quelle, aus der wir das den Gewerben so wichtige Chlor schöpfen, und zugleich enthält es den Hauptbestandtheil der Soda.

Das Kochsalz ist nicht allerwärts in der Natur vorhanden, weshalb nicht selten Streitigkeiten zwischen Völkern wegen dieses nothwendigen Gegenstandes sich erhoben, daher man bei Friedensschlüssen den Bezug desselben durch Staatsverträge sich zu sichern suchte. Es findet sich theils als festes Gestein, Steinsalz, theils in Wasser gelöst, in Salzquellen, und endlich in dem Meerwasser. Das Steinsalz bildet mitunter mächtige Lager, wie z. B. in den berühmten Salzwerken von Wielitzka und Staßfurth, in welch letzterem eine 400 Meter dicke Schicht von reinem Salz durchbohrt worden ist. Man betrachtet dieselben als den Rückstand eingetrockneter Binnenmeere, da bei mehreren Steinsalzlagern auch die übrigen Bestandtheile des Meerwassers sich vorfinden, wie namentlich Gyps und leicht lösliche Kali- und Magnesiasalze, welch letztere als sogenanntes Abraumsalz verwendet werden.

Die Salzquellen oder Soolen sind entweder natürliche, oder durch Führung artesischer Bohrlöcher zu Steinsalzlagern künstlich hergestellt; dieselben müssen eingedampft werden, bis sie so concentrirt sind, daß das Kochsalz krystallisirt. Sind die Soolen von Natur sudwürdig, d. h. enthalten 100 Pfd. derselben 15 bis 22 Pfd. Kochsalz, so bringt man sie sofort in die Siedpfannen. Reiche, 23 bis 25procentige Soolen haben z. B. die Werke zu Lüneburg, Reichenhall, Schwäbischhall, Friedrichshall, Wimpfen, Rappenau, Dürrheim. Leichte Soolen aber, die nur wenige Procente Salz enthalten, müssen zur Ersparniß von Brennmaterial zuerst an freier Luft verdampft oder gradirt werden. Zu diesem Ende läßt man das Salzwasser über hoch auf einander geschichtetes Dornreisig, sogenannte Gradirwerke, tröpfeln, so daß die hindurchstreichende Luft aus der vertheilten Flüssigkeit leicht eine möglichst große Menge Wassers hinwegnimmt. Dieses wiederholt man so oft, bis die Soole sudwürdig ist. In den Siedpfannen scheidet sich das Salz endlich in Gestalt der kleinen treppenartig zusammengehäuften Krystallwürfel aus, die wir täglich in unserer Haushaltung verwenden. Die Soolen enthalten außer Kochsalz stets noch andere Salze, von welchen die schwer löslichen als Dornstein oder Pfannenstein sich abscheiden, während die leicht löslichen in der Mutterlauge zurückbleiben.

Aus 100 Pfd. Meerwasser gewinnt man ungefähr $2^1/_2$ Pfd. Salz, indem man an heißen Küstenstrichen das Wasser in flache Teiche, sogenannte Salzsümpfe oder Salzgärten, einläßt, wo warme Winde dasselbe verdampfen und Salz zurücklassen, das weiter gereinigt, jedoch niemals die Reinheit des aus Salzwerken gewonnenen Salzes hat. Zum Unterschied wird es Seesalz genannt.

Noch werde bemerkt, daß das Kochsalz in $2^1/_2$ Thln. kaltem und in fast gleichviel heißem Wasser löslich ist. Sein Verkauf war früher Monopol des Staates; 1 Ctr. = $2^2/_3$ Thlr.; zum Fabrikgebrauch wird es wohlfeiler abgegeben,

vorher jedoch denaturalisirt, d. h. mit etwas Kohle oder Oker vermischt; dasselbe geschieht beim Viehsalz und Düngesalz.

90 In der Nähe der Salinen und des Meeres wachsen die sogenannten Salzpflanzen (Salsola und Salicornia), die, wenn sie verbrannt werden, als Asche Kohlensaures Natron, Na_2O, CO_2, liefern, das kürzer Soda genannt wird. Dasselbe Salz, jedoch weniger rein, wird durch das Verbrennen der im Meere wachsenden Tange (Fucus) erhalten, auch wittert es in Ungarn an manchen Stellen aus dem Boden und aus den Natronseen in Egypten. Bei weitem die meiste Soda wird aber gegenwärtig in großen Fabriken aus dem Chlornatrium bereitet. Zu diesem Zwecke wird dieses zuerst durch Destillation mit Schwefelsäure in Schwefelsaures Natron, Na_2O, SO_3, übergeführt und dabei Chlorwasserstoffsäure als Nebenproduct gewonnen. Man glüht alsdann das schwefelsaure Natron mit Kohle und Kalk, wodurch unlösliches Schwefelcalcium und lösliches Kohlensaures Natron entstehen, welches letztere man durch Wasser auszieht und theils in schönen wasserhaltigen Krystallen als krystallisirte Soda, theils durch Glühen als wasserfreie, sogenannte calcinirte Soda in den Handel bringt.

Dieses Salz hat in seinen chemischen Eigenschaften die größte Aehnlichkeit mit dem Kohlensauren Kali, und in der That können beide Salze in den meisten Anwendungen einander vertreten. Die Soda zieht an der Luft jedoch kein Wasser an. Hauptsächlich wird sie zur Fabrikation der harten Seife, des Glases und in der Färberei benutzt. 1 Ctr. calcinirte Soda kostet 4 Thlr.; die krystallisirte Soda enthält 10 Mol. oder 62 Proc. Krystallwasser und ist natürlich wohlfeiler. Von letzterer löst Wasser bei gewöhnlicher Temperatur etwas mehr als sein halbes, bei 36° aber sein achtfaches Gewicht auf.

Doppelt-Kohlensaures Natron, Na_2O, $2\,CO_2 + H_2O$, entsteht, wenn Kohlensäure über ausgebreitetes Kohlensaures Natron geleitet wird; man verwendet es häufig zur Darstellung moussirender Getränke.

91 Schwefelsaures Natron, Na_2O, SO_3, mit 10 Mol. Krystallwasser, wird wie oben erwähnt, bei der Sodafabrikation dargestellt. Dieses leicht lösliche Salz, das häufig als abführendes Mittel angewendet wird, ist schon im 17ten Jahrhundert bekannt gewesen und nach seinem Entdecker Wunderbares Glaubersalz (Sal mirabile Glauberi) genannt worden. In größerer Menge wird es zur Glasfabrikation benutzt. Wenn man 14 Gramm krystallisirtes Glaubersalz fein pulvert und mit einem Gemisch von 6 Gramm Schwefelsäure und 4 Gramm Wasser vermengt, so erkaltet das Ganze auf 8 bis 10° R. unter Null, so daß Wasser, in einem schmalen Gefäße hineingetaucht, sehr schnell gefriert. Die Ursache ist, daß das Krystallwasser Wärme binden muß (Physik §. 171), um aus den festen in den flüssigen Zustand überzugehen, wozu es durch die Schwefelsäure gezwungen wird.

Salpetersaures Natron, Na_2O, N_2O_5, kommt unter dem Namen Chilisalpeter im Handel vor; es finden sich große Lager desselben in Chili

und Peru; es dient zur Fabrikation der Salpetersäure, des Salpeters und als vorzügliches Düngmittel. 1 Ctr. raffinirt = 5 Thlr.

Phosphorsaures Natron, $(2 Na_2O, H_2O) P_2O_5 + 24 H_2O$, findet eine untergeordnete Anwendung in der Medicin; es dient ferner zu Schmelzproben vor dem Löthrohr. Ueber Phosphorsaure Salze vergl. §. 78.

Unterschwefligsaures Natron, $Na_2O, S_2O_2 + 5 H_2O$, besitzt die Eigenschaft, Chlor- und Jodsilber leicht aufzulösen, und wird deshalb in der Photographie angewendet; auch dient es unter dem Namen Antichlor zur vollständigen Entfernung des Chlors aus gebleichten Stoffen. Seine Darstellung siehe §. 43.

Borsaures Natron, $Na_2O, 2 BO_3$, mit 5 bis $10 H_2O$, gewöhnlich Borax genannt, findet sich unter dem Namen Tinkal in China; auch wird es durch Sättigung der natürlichen Borsäure mit Natron dargestellt. Beim Erhitzen schmilzt der Borax unter Aufblähen und Wasserverlust zu einer glasartigen Masse; er dient daher beim Löthen und Schmelzen mancher Metalle, indem er den Luftzutritt abhält und das Zusammenfließen erleichtert. Mit Metalloxyden geglüht bildet der Borax Glasflüsse von eigenthümlicher Färbung, je nach der Art des Metalloxyds und wird deshalb zu den Löthrohrproben, insbesondere von den Mineralogen benutzt. Eine bedeutende technische Verwendung findet der Borax bei dem Waschen des Weißzeugs.

Mit Kieselsäure verbunden begegnet man dem Natron in vielen Mineralen, wie z. B. im Natrolith und Albit, doch treten dieselben nicht so massenhaft auf, wie der kalihaltige Feldspath. Ueber die künstlich dargestellten Verbindungen der Kieselsäure mit Natron siehe §. 108 „Glas“.

Ammonium, NH_4.

Bereits in §. 41 ist die merkwürdige Verbindung des Stickstoffs mit 92
Wasserstoff beschrieben worden, das Ammoniak, NH_3, ein in Wasser lösliches Gas, von stark basischen Eigenschaften, das mit Säuren Salze bildet, ähnlich denen des Kaliums und Natriums.

Das Chlorwasserstoff-Ammoniak, NH_3, ClH, wird gewonnen, wenn die bei der trockenen Destillation der Thierstoffe oder der Steinkohle erhaltene, ammoniakhaltige Flüssigkeit mit Chlorwasserstoffsäure gesättigt wird. Es ist ein farbloses, faserig krystallinisches Salz, löslich in 2,7 Thln. Wasser, das gewöhnlich Salmiak oder vielmehr Sal Ammoniacum genannt wird, weil es ursprünglich aus der ägyptischen Provinz Ammonien kam, wo es durch Sublimation aus dem Ruß dargestellt wurde, der sich beim Verbrennen des Kameelmistes in den Kaminen ansammelt. Der Salmiak hat mehrfache technische Verwendung und ist eins der gebräuchlichsten Arzneimittel, besonders bei Katarrhen, da er auf die Thätigkeit des Hautsystemes, schweißerregend, wirkt.

Schwefelsaures Ammoniak, $2\,NH_3, SO_3 + H_2O$, entsteht durch Sättigung der genannten ammoniakhaltigen Flüssigkeiten mit Schwefelsäure; es kann beträchtlich erhitzt werden, ohne sich zu verflüchtigen; in stärkerer Hitze zersetzt es sich.

Salpetersaures Ammoniak, $2\,NH_3, N_2O_5 + H_2O$, ein farbloses Salz, das sich in seinem halben Gewicht Wasser unter starker Kälteerzeugung auflöst und deshalb zur künstlichen Eisbereitung benutzt wird. (Physik §. 171.)

Die im Handel vorkommende Verbindung des Ammoniaks mit Kohlensäure ist Anderthalb-kohlensaures Ammoniak, $2\,NH_3, 3\,CO_2 + 2\,H_2O$, und wird durch Sublimation eines Gemenges von rohem Salmiak mit Kreide gewonnen; es ist farblos, von stechendem Ammoniakgeruch und führte in der Medicin den Namen flüchtiges Hirschhornsalz.

Schwefelwasserstoff-Ammoniak, $2\,NH_3, H_2S$, bildet sich beim Einleiten von Schwefelwasserstoff in wässeriges Ammoniak, als eine gelbe, häßlich riechende Flüssigkeit, die in der analytischen Chemie verwendet wird.

93 Alle Ammoniakverbindungen haben einen eigenthümlichen scharfen Geschmack und entwickeln mit Kalk gemengt den stechenden Ammoniakgeruch. Außer ihrer Bedeutung in der Medicin und der Technik erscheinen sie von Wichtigkeit für das Leben der Pflanzen, die ihren Gehalt an Stickstoff dem in der Luft oder in der Bodenfeuchtigkeit enthaltenen Ammoniak entnehmen. Die Ammoniaksalze sind daher vorzügliche Düngmittel. Für die analytische Chemie sind sie besonders dadurch wichtig, daß sie flüchtig sind und durch die Hitze ausgetrieben werden können. Die Ammoniakverbindungen zeigen die größte Uebereinstimmung mit den entsprechenden Kali- oder Natronverbindungen, und es finden daher meist ganz gleiche Erscheinungen Statt, wenn in gewissen Fällen Ammoniak, Kali oder Natron, oder wenn anstatt Kohlensauren Ammoniaks, oder Schwefelwasserstoff-Ammoniaks, das Kohlensaure Kali oder Natron, oder Schwefelkalium angewendet werden.

Bei dieser unverkennbaren Aehnlichkeit lag die Annahme nahe, daß in den Ammoniakverbindungen ein zusammengesetztes Radical von der Formel NH_4 enthalten sei, welches die Rolle eines Metalls spielt und dem man den Namen Ammonium gegeben hat. In der That hat man die Verbindung eines solchen Körpers mit Quecksilber, das Ammonium-Amalgam, sowie das Kalium-Ammonium, NH_3K, darzustellen vermocht, in welchem 1 At. Wasserstoff vertreten ist durch 1 At Kalium. Wird die letztgenannte Verbindung mit Salmiak zusammengebracht, so tritt eine Zersetzung ein:

$$NH_3K + NH_3, ClH = KCl + NH_4 + NH_3.$$

Es entsteht eine metallisch-blaue Füssigkeit, die das Ammonium enthält, das jedoch rasch in Ammoniak und Wasserstoff sich zersetzt.

Nach Vorstehendem läßt sich die Zusammensetzung der Ammoniakverbindungen durch zweierlei Formeln ausdrücken wie folgt:

Ammoniak, NH_3.	Ammonium, NH_4.
Chlorwasserstoff-Ammoniak, NH_3, ClH.	Chlorammonium, NH_4Cl.
Schwefelwasserstoff-Ammoniak, $2NH_3$, H_2S.	Schwefelammonium, $2NH_4S$.
Schwefelsaures Ammoniak, $2NH_3$, $SO_3 + H_3O$.	Schwefelsaures Ammoniumoxyd, $2NH_4O$, SO_3.
Salpetersaures Ammoniak, $2NH_3$, $N_2O_5 + H_2O$.	Salpetersaures Ammoniumoxyd, $2NH_4O$, N_2O_5.

Calcium.

$Ca = 40$; spec. Gew. $= 1{,}58$.

Dieses Metall macht einen bedeutenden Theil der Erdmasse aus, denn 94
es ist in vielen Mineralen enthalten und namentlich bestehen ganze Gebirge aus dem Kohlensauren Calciumoxyd. Zugleich ist es ein niemals fehlender Bestandtheil im Körper der Pflanzen und Thiere. Unter den leichten Metallen zeichnet es sich durch eine hellgelbe Farbe aus.

Verbindungen des Calciums. Das Calciumoxyd, CaO, 95
kürzer Kalk oder Kalkerde genannt, wird durch das Glühen des Kohlensauren Kalks, CaO, CO_2, erhalten, indem die gasförmige Kohlensäure entweicht. Dieses sogenannte Brennen des Kalks geschieht im Großen in den Kalköfen. Die Eigenschaften des gebrannten Kalks sind bekannt. Derselbe verbindet sich, wenn er mit Wasser befeuchtet wird, unter beträchtlicher Erhitzung mit demselben zu Kalkhydrat, CaO, H_2O, gewöhnlich gelöschter Kalk genannt. Dabei bläht er sich anfangs auf und zerfällt endlich zu einem trocknen, weißen Staube oder Kalkmehl. Setzt man mehr Wasser hinzu, so entsteht eine weiße Flüssigkeit, Kalkmilch genannt, aus welcher sich Kalkbrei absetzt, während die dadurch klar werdende Flüssigkeit eine Auflösung von Kalk in Wasser, sogenanntes Kalkwasser ist.

Der Kalk ist stark ätzend, weshalb er auch Aetzkalk heißt, und zieht mit großer Begierde Kohlensäure aus der Luft an, wodurch er wieder in kohlensauren Kalk übergeht und seine ätzende Eigenschaft vollkommen verliert. Läßt man daher Kalkbrei an der Luft liegen, so ist er in kurzer Zeit in steinharten Kohlensauren Kalk übergegangen. Hierauf beruht die wichtige Anwendung desselben zu Mörtel, und die von den Maurern gebrauchte Vorsicht, den Kalkbrei in tiefen Gruben, mit Erde bedeckt, aufzubewahren. Außerdem wird der Aetzkalk zum Tünchen, in der Weißgerberei und zu vielen chemischen Arbeiten benutzt.

Der Kohlensaure Kalk, CaO, CO_2, kommt in ähnlich vielfacher Form 96
in der Natur vor, wie der Kohlenstoff oder die Kieselsäure. So ist der Kalkspath farblos, durchsichtig krystallisirt, der Marmor weiß, grobkörnig und hart, und die Kreide ist erdig und abfärbend. Andere Kalksteine sind dagegen durch Beimengung färbender Oxyde gefärbt, so daß man grauen, gelben, schwarzen, braunen, rothen, ja sogar bunten Kalk antrifft, welch letzteres namentlich bei vielen schönen Arten von Marmor der Fall ist. Alle stimmen jedoch darin überein, daß sie, mit Salzsäure befeuchtet, aufbrausen, indem sich Kohlensäure entwickelt, und daß sie beim Glühen Aetzkalk liefern.

Wie man sieht, ist der Kohlensaure Kalk in allen Formen ein wichtiges Material nicht allein für den Bildhauer, sondern auch als Baustein und Bindemittel der Bauwerke, und nur zum Wegbau eignet er sich weniger, da er geringe Härte besitzt.

Aus Kohlensaurem Kalk besteht ein Neuntel der Knochenmasse, das ganze Gehäuse der Schalthiere, der Stamm der Korallen und die Schale der Eier, und wir müssen ihn deshalb zu den nothwendigen Nahrungsmitteln der meisten Thiere zählen.

An und für sich im Wasser unlöslich, fehlt dieser Körper jedoch fast niemals in den Gewässern, da diese immer etwas Kohlensäure enthalten, die den Kohlensauren Kalk aufzulösen vermag. Erwärmt man aber ein solches Wasser ein wenig, so entweicht die flüchtige Kohlensäure und der Kalk setzt sich in der Gestalt eines weißen Ueberzugs auf dem Boden der Gefäße an. In jeder Haushaltung hat man Gelegenheit, namentlich in den Theekesseln, ganze Krusten solchen abgesetzten Kalks zu sehen, ja, bei sehr kalkhaltigem Wasser findet man es selbst in den Wasserflaschen und Trinkgläsern. Am leichtesten entfernt man diesen sogenannten Kesselstein dadurch, daß man ein wenig verdünnte Salzsäure oder starken Essig in das Gefäß gießt, wodurch jener aufgelöst wird. In den Kesseln der Dampfmaschinen gereicht der Kesselstein zu großem Nachtheil des Betriebes. Auch die Tropfsteine oder Stalaktiten verdanken ihre Entstehung der Löslichkeit des Doppelt-kohlensauren Kalkes.

97 Der Schwefelsaure Kalk, $CaO, SO_3 + 2\,H_2O$, findet sich in bedeutenden Massen und führt den Namen Gyps. Dieses Mineral ist entweder krystallisirt, oder blendend weiß und körnig, wie Zucker, und wird in diesem Falle Alabaster genannt und zu artigen kleinen Kunstwerken verarbeitet, denn derselbe ist so weich, daß er mit dem Messer geschnitten werden kann. Der Gyps enthält, wie die Formel anzeigt, Krystallwasser, welches er durch gelindes Glühen verliert. Gemahlen und gebrannt erlangt er jedoch die Eigenschaft, nachdem er mit Wasser zu einem Brei angerührt worden ist, dieses chemisch wieder zu binden und nach kurzer Zeit zu wasserhaltigem Gyps zu erhärten. Dieses macht ihn denn zu einem werthvollen Material der Künstler, die ihn zu den bekannten Gypsfiguren verwenden. Ihm verdanken wir es, daß die herrlichsten Bildwerke der alten und neuen Kunst gleichsam ein Gemeingut geworden sind.

Der Gyps hat noch eine nützliche Anwendung als Düngmittel, worauf bei der Ernährungsgeschichte der Pflanzen zurückgekommen wird. Er ist in 500 Thln. Wasser löslich und ertheilt demselben einen unangenehmen, etwas bitterlich erdigen Geschmack. Gypshaltiges Wasser ist ungesund.

Der Phosphorsaure Kalk, $3\,CaO, P_2O_5$, ist ein Bestandtheil mehrerer Minerale, wie des Apatits, Phosphorits; er macht $^4/_5$ vom Gewicht der weißgebrannten Thierknochen aus und wird zur Darstellung des Phosphors und in Form gemahlener Knochen als Dünger benutzt, denn er gehört zu den wesentlichen mineralischen Nahrungsmitteln. In der That enthalten alle Getreide-

körner dieses Salz, so daß wir dasselbe im täglichen Brote dem Körper zuführen.

Der Phosphorsaure Kalk in der Form von Knochenasche ist unlöslich und wird nur allmälig unter dem Einfluß Kohlensäurehaltigen Wassers gelöst und von den Pflanzen aufgenommen. Man befördert daher seine Wirksamkeit als Dungmittel durch Zusatz von Schwefelsäure oder Salzsäure zum Knochenmehl; das Präparat enthält alsdann löslichen Sauren Phosphorsauren Kalk, $CaO, 2\,H_2O, P_2O_5$ und bildet als sogenanntes Superphosphat einen landwirthschaftlichen Handelsartikel.

Kieselsaurer Kalk ist ein Bestandtheil vieler Minerale, des Glases und des Cäments oder Wassermörtels (§. 108).

Unterchlorigsaurer Kalk, CaO, Cl_2O. Wenn man Chlor über aus- 98
gebreitetes Kalkhydrat leitet, so entsteht ein Gemenge von Kalk, Kalkhydrat, Chlorcalcium und Unterchlorigsaurem Kalk, welches in Gestalt eines feuchten weißen Pulvers, das schwach nach Chlor riecht, unter dem Namen Chlorkalk oder Bleichkalk im Handel vorkommt.

Wird der Chlorkalk mit einer Säure, selbst der schwächsten, weshalb sogar die Kohlensäure der Luft zersetzend auf denselben einwirkt, übergossen, so entwickelt er reichlich Chlor und er ist daher das bequemste und am häufigsten angewendete Mittel zu dessen Darstellung. Während der Chlorkalk in außerordentlichen Mengen in den Bleichanstalten gebraucht wird, bedürfen unsere Wohnungen zuweilen seiner geruchzerstörenden Wirkung bei der sogenannten Chlorräucherung in Sterbezimmern, Krankenhäusern &c. Alsdann wird etwa ein Eßlöffel voll in eine Untertasse gethan und gleich viel Salzsäure, die mit ein wenig Wasser verdünnt ist, dazu geschüttet. Man wendet das Gesicht ab, um das Einathmen des reinen Chlors zu vermeiden. Die Oeffnungen des Zimmers müssen vorher geschlossen und nach einigen Stunden wieder geöffnet werden. Soll Chlor an Orten, wo Personen sich aufhalten, angewendet werden, so tränkt man am zweckmäßigsten Leinwand mit concentrirter Chlorkalklösung und hängt dieselbe im Zimmer auf. Will man beschriebenes Papier, beschmutzte Kupferstiche &c. bleichen, so wird eine filtrirte Auflösung von Chlorkalk mit einigen Tropfen Salzsäure versetzt und der Gegenstand in diese Flüssigkeit getaucht, bis jener Zweck erreicht ist. Nachher spült man das Papier öfter ab und legt es einige Stunden lang in ein großes Gefäß mit reinem Wasser, worauf es zwischen Fließpapier getrocknet wird. Tintenflecke verschwinden hierdurch vollständig.

Chlorcalcium, $CaCl_2$, entsteht beim Auflösen des Kohlensauren Kalkes 99
in Chlorwasserstoffsäure; es bildet leicht zerfließliche Krystalle, die mit Schnee vermischt schmelzen, unter Erzeugung einer großen, bis — 45° C. sinkenden Kälte. Trockenes Chlorcalcium zieht mit großer Begierde Wasser an, und wird deshalb häufig zum Entwässern, insbesondere zum Trocknen von Gasen angewendet, indem man dieselben durch Röhren leitet, die mit Chlorcalcium gefüllt sind.

Schwefelcalcium, verbunden mit Schwefelwasserstoff, CaS, H_2S, entsteht, wenn man dieses Gas in Kalkmilch leitet; die Lösung wird zur Vertilgung der Haare angewendet.

Barium; Ba = 137.

100 Auch dieses Metall besitzt eine gelbliche Farbe; sein specifisches Gewicht ist nicht genau ermittelt, doch größer als das der Schwefelsäure, indem es darin untersinkt. Der Bariumdampf ertheilt der Flamme eine grüne Färbung und sein Spectrum zeichnet sich aus durch mehrere grüne Linien, eine orangefarbene und eine gelbe. Die Verbindungen des Bariums besitzen ein großes specifisches Gewicht und die löslichen sind giftig.

Das Bariumoxyd führt den kürzern Namen Baryt; es findet sich im Schwerspath oder Schwefelsauren Baryt und Witherit oder Kohlensaurem Baryt ziemlich massenhaft auf Gesteinsgängen. Aus beiden Mineralen werden alle übrigen Bariumverbindungen dargestellt, am leichtesten aus dem letztgenannten.

Der Kohlensaure Baryt, BaO, CO_2, giebt in Salpetersäure gelöst den Salpetersauren Baryt, BaO, N_2O_5, ein farbloses, in regulären Octaëdern krystallisirendes Salz; seine Hauptanwendung ist in der Feuerwerkerei zur Erzeugung des grünen Feuers, wozu folgende Mischung dient: 20 Thle. Schwefel, 33 Chlorsaures Kali und 80 Salpetersaurer Baryt. Beim Glühen zersetzt sich der Salpetersaure Baryt und hinterläßt den Baryt, BaO, auch Schwererde und Aetzbaryt genannt, der sich gleich dem Kalk mit Wasser unter Erhitzen zu ätzendem Barythydrat, BaO, H_2O, löscht, das in Wasser ziemlich löslich und krystallisirbar ist. Wenn über erhitzten Baryt Sauerstoff geleitet wird, so verwandelt er sich in Barium-Ueberoxyd, BaO_2, das zur Darstellung des Wasserstoffüberoxyds dient.

Der Schwefelsaure Baryt, BaO, SO_3, von den Mineralogen Schwerspath genannt, weil er sich durch sein großes specif. Gewicht = 4,6 vor allen erdigen Mineralen auszeichnet, ist farblos und krystallisirt in rhombischen Tafeln unlöslich in Wasser und in Säuren. Derselbe hat eine bedeutende technische Verwendung, indem er höchst fein gemahlen unter dem Namen Blanc fix als weiße Anstrichfarbe dient, die zwar weniger deckt als Bleiweiß, doch hat sie vor diesem den Vorzug, mit der Zeit weder gelb noch schwarz zu werden. Permanentweiß wird der als Niederschlag gewonnene Schwefelsaure Baryt genannt. Durch Glühen mit Kohle kann man den Schwerspath in lösliches Schwefelbarium überführen und aus diesem die übrigen Verbindungen darstellen, wie zunächst durch Zusatz von Salzsäure, das Chlorbarium, $BaCl_2$, ein lösliches, als Reagens und Fällungsmittel für Schwefelsäure benutztes Salz.

Strontium; Sr = 79. Specif. Gew. = 2,54.

Sein Oxyd, SrO, heißt Strontian, zugleich der Name eines Ortes in 101
Schottland, bei welchem ein Mineral aufgefunden und Strontianit genannt wurde, das sich als Kohlensaures Strontiumoxyd, SrO, CO_2, erweist. Außerdem kommt noch unter dem Namen Cölestin der Schwefelsaure Strontian, SrO, SO_3, vor, doch sind die Minerale, welche Strontium enthalten, viel weniger häufig als die der vorhergehenden Minerale, mit welchen es sonst so viele Aehnlichkeit hat.

Das Strontium ist gelb und sein Spectrum zeigt 1 hellblauen, 6 helle rothe und 1 orangefarbene Linie. Ganz vorzüglich ausgezeichnet ist es dadurch, daß seine Dämpfe der Flamme eine außerordentlich schöne purpurrothe Färbung ertheilen. Hierauf beruht auch die einzige Anwendung, die man von demselben macht. Löst man nämlich Chlorstrontium, SrCl, in Weingeist auf, so brennt dieser nachher mit schön rother Flamme. Ein herrliches Rothfeuer erhält man beim Entzünden der folgenden Mischung: 10 Theile Salpetersaurer Strontian; $1\frac{1}{4}$ Theile Chlorsaures Kali; $3\frac{1}{4}$ Theile Schwefel; 1 Theil Schwefelantimon; $\frac{1}{2}$ Theil Kohle.

Magnesium; Mg = 24. Specif. Gew. = 1,75.

Das Magnesium ist ein weißes, silberglänzendes Metall, ziemlich hart und 102
unveränderlich an der Luft; es läßt sich zu Draht ausziehen und bei Rothglühhitze geschmolzen in Formen gießen; bei höherer Temperatur ist es flüchtig und destillirbar. Wasser wird durch das Magnesium erst beim Erwärmen auf 30^0 zersetzt. An der Luft erhitzt, verbrennt dieses Metall mit blendend weißem Licht zu Magnesiumoxyd, MgO, das Magnesia, Bittererde oder Talkerde genannt wird. Das Magnesiumlicht ist ausgezeichnet durch seinen Reichthum an chemisch wirksamen Lichtstrahlen und wird zum Photographiren benutzt, an Orten, wohin Sonnenlicht nicht gelangen kann. 50 Gramm Magnesium $= 6\frac{1}{3}$ Thlr.

Die Verbindungen des Magnesiums finden mehrfache Verwendung in der Heilkunde und zeichnen sich, insofern sie löslich sind, durch bittern Geschmack aus.

Schwefelsaure Magnesia, $MgO, SO_3 + 7H_2O$, gewöhnlich Bittersalz genannt, ist im Meerwasser und besonders reichlich in manchen Quellen, wie in den von Saidschütz, Sedlitz, Püllna und Epsom, sodann in den Mutterlaugen der Saline von Friedrichshall und Kissingen enthalten und wird aus denselben gewonnen; es wirkt abführend.

Die Kohlensaure Magnesia, MgO, CO_2, findet sich unter dem Namen Magnesit als Mineral; sie macht ferner in Verbindung mit Kohlensaurem Kalk, den Dolomit, eine massenhaft auftretende Felsart aus. In reinem Zustande gewinnt man dieselbe, wenn eine heiße Auflösung von Schwefelsaurer

Magnesia mit Kohlensaurem Natron versetzt wird. Getrocknet stellt sie eine außerordentlich leichte, lockere, blendend weiße Masse dar, die unauflöslich und daher geschmacklos ist. Durch Glühen verliert diese Verbindung die Kohlensäure und ist nachher reines Oxyd, MgO, welches unter dem Namen von gebrannter Magnesia eingenommen wird, um einen Theil der Magensäure zu binden, wenn diese allzu reichlich vorhanden ist; auch wird dieselbe als Gegenmittel bei Arsenikvergiftungen gegeben.

Phosphorsaure Magnesia finden wir als Bestandtheil der Getreidekörner, der Knochenmasse, des Harns und der Harnsteine.

In Verbindung mit Kieselsäure bildet die Magnesia zahlreiche Minerale, wie den Talk, Speckstein, Meerschaum, Serpentin. Die Augit- und Hornblendegesteine bestehen hauptsächlich aus Doppelsilicaten von Kalk und Magnesia.

Das Chlormagnesium, $MgCl_2$, ist im Meerwasser und in vielen Salzquellen enthalten und verleiht ersterm seinen unangenehmen Geschmack und seine Ungenießbarkeit.

Besonders reich an Magnesiasalzen ist das Abraumsalz des Lagers von Staßfurth.

Aluminium.

Al = 27. Dichte = 2,56; dargestellt 1827.

103 Dieses Metall macht einen sehr beträchtlichen Theil unserer Erdrinde aus, denn sein Oxyd bildet neben der Kieselsäure und dem Kalk die Masse der meisten Minerale. Das Aluminium erhält man, indem das Chloraluminium durch Natrium zersetzt wird; auch aus dem Kryolith, einem aus Fluoraluminium und Fluornatrium bestehenden Mineral, wird es auf dieselbe Weise abgeschieden. Es ist dem Silber in den meisten Eigenschaften sehr ähnlich, läßt sich gleich diesem verarbeiten und wird weder durch Erhitzen an der Luft noch im Wasser oxydirt. Da das Aluminium Leichtigkeit, Festigkeit und Silberglanz in sich vereinigt, so wird es zu ganz besonderen Zwecken der Technik eine werthvolle Verwendung finden. 1 Pfd. = $19^1/_2$ Thlr.

104 Das Aluminiumoxyd, Al_2O_3, welches Thonerde, auch Alaunerde genannt wird, findet sich im Mineralreich in verschiedener Form. Krystallisirt wird sie unter ähnlichen Verhältnissen wie der Diamant gefunden und man zählt den blauen Saphir und den rothen Rubin, die durch Härte, Glanz und Unschmelzbarkeit sich auszeichnen und aus reiner Thonerde bestehen, zu den edelsten Steinen. Eine außerordentliche Härte kommt auch dem Korund und dem Smirgel zu, Minerale, die aus amorpher, dunkelfarbiger Thonerde bestehen und zum Schleifen und Poliren eine nützliche Anwendung finden.

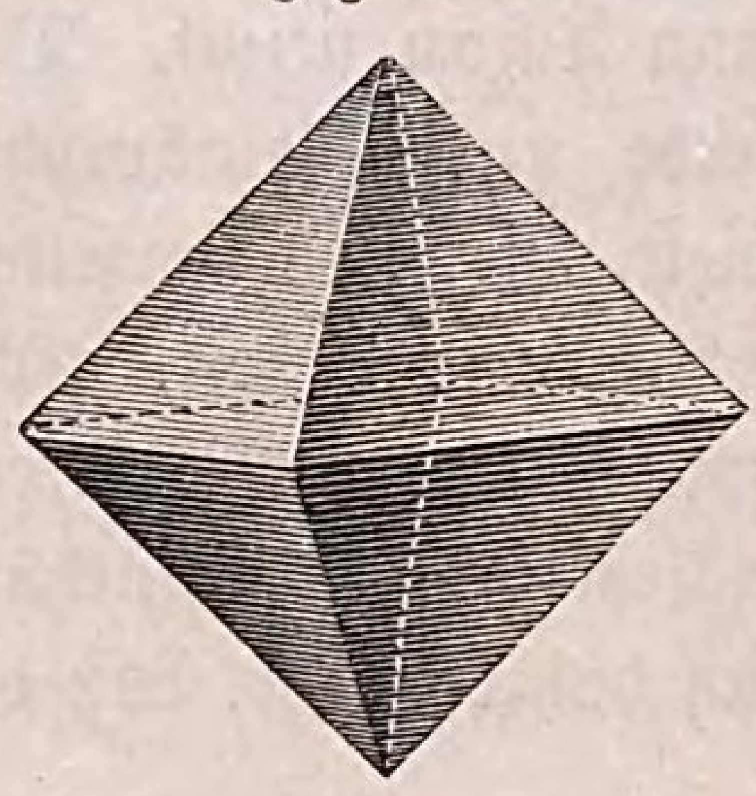
Auf chemischem Wege verschafft man sich reine Thonerde als Hydrat durch Niederschlagung derselben aus einer Auflösung des Alauns mittels Ammoniak. Der gallertige Niederschlag wird gewaschen und getrocknet und giebt eine weiße unlösliche unschmelzbare Masse, die an der Zunge stark anklebt.

Die Thonerde ist eine schwache Base, welche die Säuren nur unvollkommen sättigt, dagegen ist sie ausgezeichnet durch ihre Verwandtschaft zu organischen Stoffen, insbesondere zur Pflanzenfaser und zu Farbestoffen. Legt man Gespinnste oder Gewebe von Baumwolle in eine Auflösung, aus welcher Thonerde sich niederschlägt (Thonerdebeize), so verbindet diese sich innig mit der Faser. Wird nachher das mit Thonerde überzogene (gebeizte) Zeug in die Auflösung eines Farbestoffs gebracht, so befestigt die Thonerde einen Theil des Farbestoffs auf der Faser, die alsdann dauerhaft gefärbt erscheint. Hierdurch ist die Thonerde eines der wichtigsten Materiale in der Färberei. Die unauflöslichen Niederschläge, welche die Thonerde mit den Auflösungen der Pflanzenfarbestoffe bildet, heißen Lackfarben oder Erdfarben.

Thonerdesalze. Schwefelsaure Thonerde, Al_2O_3, $3SO_3$, wird 105
durch Einwirkung der Schwefelsäure auf schwach gebrannten Thon erhalten; es wird in Gestalt einer leicht löslichen krystallinischen Salzmasse in der Färberei verwendet.

Das bekannteste und wichtigste Thonerdesalz ist der Alaun (Alumen), ein Doppelsalz von Schwefelsaurer Thonerde mit Schwefelsaurem Kali: $Al_2O_3, 3SO_3 + KO, SO_3 + 24H_2O$, das sich als Mineral findet, größtentheils jedoch fabrikmäßig dargestellt wird. Der Alaun hat einen süßlich zusammenziehenden Geschmack, krystallisirt in regelmäßigen farblosen Octaëdern, Fig. 36, und ist löslich in 18 Thln. Wasser; er wird in außerordentlicher Menge in der Färberei, Gerberei und Papierfabrikation, sowie zur Darstellung anderer Thonerdeverbindungen, namentlich der Essigsauren Thonerde, verwendet. Eigenthümlich ist die Anwendung des Alauns zur Klärung getrübter Gewässer, wozu ein kleiner Zusatz desselben hinreicht. Diese auffallende Erscheinung beruht auf der Verwandtschaft der Thonerde zu den in solchem Wasser enthaltenen organischen Stoffen, durch welche sie in gallertigem Zustande ausgeschieden wird und beim Absetzen die übrigen trübenden Substanzen mitnimmt. 1 Ctr. Alaun = 4 Thlr.

Fig. 36.



Interessant erscheint eine Reihe theils natürlich vorkommender, theils künstlich dargestellter Verbindungen, in welchen das Kali des Alauns vertreten ist, durch Natron oder Ammoniak, ohne daß hierdurch die Krystallform des Salzes die mindeste Aenderung erfährt. Andererseits hat man eine Reihe von Salzen kennen gelernt, deren Zusammensetzung und Krystallform völlig der des Alauns entspricht, nur ist darin die Thonerde durch die Oxyde des Eisens, Mangans oder Chroms ersetzt. Es wird auf diese Weise die Familie der Alaune gebildet, deren Zusammensetzung durch folgende allgemeine Formel ausgedrückt wird, in welcher R und R′ Metalle vorstellen: $RO, SO_3 + R'_2O_3, 3SO_3 + 24H_2O$, wie folgende Beispiele zeigen:

Kali-Alaun . . . . =	$K_2O, SO_3 + Al_2O_3, 3SO_3 + 24H_2O$	Thonerde-Alaune.
Natron-Alaun . . =	$Na_2O, SO_3 + Al_2O_3, 3SO_3 + 24H_2O$	
Ammoniak-Alaun . =	$2NH_4O, SO_3 + Al_2O_3, 3SO_3 + 24H_2O$	
Eisen-Alaun . . . =	$K_2O, SO_3 + Fe_2O_3, 3SO_3 + 24H_2O$	
Mangan-Alaun . . =	$K_2O, SO_3 + Mn_2O_3, 3SO_3 + 24H_2O$	
Chrom-Alaun . . . =	$K_2O, SO_3 + Cr_2O_3, 3SO_3 + 24H_2O$	

Besonders merkwürdig ist es, daß beim Vermischen der Auflösungen mehrerer dieser Salze aus der Flüssigkeit octaëdrische Krystalle erhalten werden, die ein Gemenge der verschiedenen Alaune sind. Man nimmt daher an, daß bei allen Alaunen die kleinsten Theilchen ihrer Elemente so übereinstimmend an Größe und innerer Anordnung sind, daß sie sich in der Bildung eines Krystalls gegenseitig nicht im mindesten stören, vielmehr vertreten können. Diese Gleichheit verschiedener Stoffe und Verbindungen in Form und Anordnung nennt man Isomorphismus und die Alaune sind unter einander isomorph, d. i. gleichgestaltig.

106 Kieselsaure Thonerde. Eine wichtige Rolle im Haushalte der Natur und des Menschen vertreten die Verbindungen und Gemenge der Thonerde mit Kieselsäure. Unsere meisten Gesteine sind Thonerde-Doppelsilicate, d. h. Verbindungen von Kieselsaurer Thonerde mit Kieselsaurem Alkali. Als Beispiel führen wir das verbreitetste, den Feldspath an, Kieselsaures Kali, mit Kieselsaurer Thonerde, $K_2O, 3SiO_2 + Al_2O_3, 3SiO_2$. Bei der Verwitterung solcher Minerale, welche darin besteht, daß durch Wasser das Alkali allmälig gelöst wird, hinterbleibt eine bildsame Masse, welche man Thon nennt. Derselbe ist also Kieselsaure Thonerde, gemengt mit Kieselerde und Metalloxyden, wodurch er verschiedene Farben und besondere Namen erhielt, wie z. B. Porzellanerde, Walkererde, weißer Kölner Pfeifenthon, grauer Thon oder Letten, gelber oder Lehm, brauner und rother Thon. Alle diese Thone haben das Uebereinstimmende, daß sie mehr oder minder stark an der Zunge kleben, einen eigenthümlichen, sogenannten Thongeruch besitzen, der wahrscheinlich daher rührt, daß dieselben etwas Ammoniak aus der Luft auffaugen.

Mit Wasser bildet der Thon eine weiche, knetbare Masse, welche das Wasser außerordentlich stark zurückhält. Diese Eigenschaft verleiht ihm einen hohen Werth für den Ackerbau, indem dadurch dem Ackerboden die zum Wachsthum der Pflanzen erforderliche Feuchtigkeit gesichert ist. Ein Gemenge von Thon, Sand und Kalk wird Mergel genannt und bildet die fruchtbarste Bodenart.

Durch die Bildsamkeit oder Plasticität des feuchten Thons wurde derselbe schon in den frühesten Zeiten zur Verfertigung von Geschirren benutzt. Denn wenn das weiche Thongebilde geglüht oder, wie man sagt, gebrannt wird, so erhärtet es zum festen Zeuge. Es hängt von der Reinheit und Feinheit des Thons ab, welchen Werth und Namen das daraus Gefertigte erhält.

107 Aus einem seltenen Mineral, Lasurstein genannt, erhielt man durch Zermahlen desselben eine kostbare, wunderschön blaue Farbe, das Ultramarin. Die chemische Untersuchung lehrte, daß dieses Mineral aus Schwefelnatrium

und Kieselsaurer Thonerde bestehe, und es gelang, jene herrliche Farbe künstlich darzustellen, indem diese Stoffe in geeigneten Verhältnissen zusammengeglüht wurden. Dadurch ist der Preis des Ultramarins so niedrig geworden, daß es, früher fast mit Gold aufgewogen, nun zum Anstreichen, zur Tapetenfabrikation u. s. w. dient. Die Fabrikation des Ultramarins ist im Wesentlichen folgende: 100 Thle. Porzellanthon, 100 Thle. calcinirtes Glaubersalz und 17 Thle. Kohle werden fein gepulvert, vermengt und geglüht. Die nachher gemahlene und ausgewaschene Masse ist grün, und kommt auch als grünes Ultramarin in den Handel. Wird dieselbe unter Zusatz von 4 Procent Schwefel bei Luftzutritt nochmals erhitzt, so erhält man daraus das blaue Ultramarin. Es kostete ein Pfd. ächtes Ultramarin im Jahre 1820, 350 Thlr.; 1 Pfd. künstliches Ultramarin 1828, 80 Thlr; 1832, 4 Thlr.; gegenwärtig, $^1/_6$ bis $^2/_3$ Thlr.

Glas. Porzellan. Thonwaare. Cement.

Das Glas. Durch das Zusammenschmelzen der Kieselsäure mit gewissen 108
Metalloxyden entsteht jene durchsichtige, unlösliche Masse von beträchtlicher Härte und muschlichem Bruch, die wir Glas nennen. Vorzugsweise zur Glasbereitung verwendet werden: Kali, Natron, Kalk und Bleioxyd, welche farblose, durchsichtige Gläser geben. Die übrigen schweren Metalloxyde bilden eine farbige bis undurchsichtige Glasmasse; sie werden daher nur in geringer Menge bei Anfertigung der gefärbten Gläser zugesetzt. Die geringen Glassorten enthalten auch Thonerde, Magnesia und Eisenoxyde.

Die Kieselsäure ist der Hauptbestandtheil eines jeden Glases; ihre Menge beträgt 50 bis 76 Procent bei verschiedenen Glassorten und ist von wesentlichem Einfluß auf die Eigenschaften derselben. Kieselreiches Glas ist sehr hart, strengflüssig und widersteht am vollkommensten dem lösenden Einfluß saurer und alkalischer Flüssigkeiten; kieselarme Gläser werden von Essig und selbst von Wein angegriffen.

In sehr starker Hitze erweicht das Glas; es wird teigig, flüssig; läßt sich aufblasen, ziehen, spinnen, gießen, walzen und in Formen pressen. Doch verhalten sich verschiedene Glassorten hierin sehr ungleich.

Jedes Glas ist ein Doppelsilicat oder vielmehr ein Gemenge von wenigstens zwei Kieselsauren Metalloxyden und man unterscheidet nach dem Vorherrschen eines derselben folgende Glassorten: 1. Kaliglas mit Kalk, ist hart, farblos, strengflüssig, daher zu gewissen chemischen Geräthen, die eine starke Hitze auszuhalten haben, vorzüglich geeignet; das herrliche böhmische Krystallglas besteht aus dieser Masse. — 2. Natronglas mit Kalk, ist hart, leichter flüssig und bläulich grün; dient vorzugsweise zur Anfertigung von Fensterscheiben, weshalb es auch Fensterglas genannt wird. Jede dieser Glassorten wird übrigens zur Anfertigung von weißem Hohlglas und Tafelglas verschiedener Art benutzt; das Spiegelglas entspricht in seiner Zusammensetzung einer Mischung aus beiden. — 3. Als Kalkglas bezeichnen wir die geringste Glassorte, in welcher

Kalk vorherrscht, zugleich aber Kali, Natron, Thonerde, Magnesia und Eisen als Oxyd oder Oxydul vorhanden sind; man kann es auch Flaschenglas nennen, da es zu Arzneiflaschen sowie zu grünen und braunen Flaschen verarbeitet wird. — 4. Bleiglas, das neben Bleioxyd noch Kali enthält, hat geringe Härte, ist am leichtesten schmelzbar und zeichnet sich bei großem Gewicht durch lebhaften Glanz und starkes Lichtbrechungsvermögen aus; daraus gefertigte Gläser haben einen vorzüglich schönen Klang. Wegen dieser Eigenschaften heißt es auch englisches Krystallglas oder Klingglas. In der Optik unterscheidet man zwei Gläser von ungleichem Lichtbrechungsvermögen, nämlich das Kron- oder Crownglas, welches ein Kaliglas, und das Flintglas, das ein Bleiglas ist. Beide werden mit besonderer Sorgfalt aus den reinsten Materialien dargestellt.

Procentische Zusammensetzung der Glassorten:

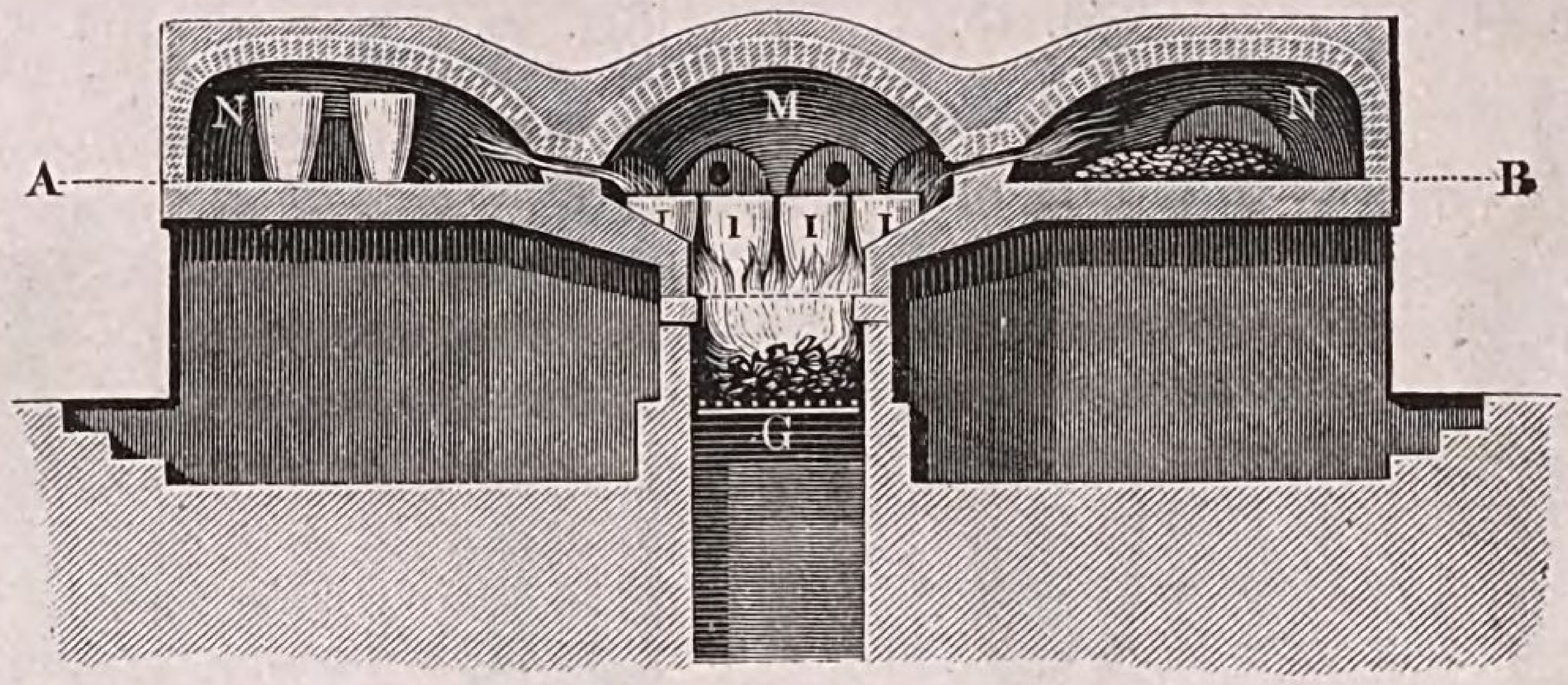
Bestandtheile.	Böhmisch Krystall.	Fensterglas.	Spiegelglas.	Flaschenglas.	Engl. Krystall.	Crownglas.	Flintglas.
Kieselsäure	71 od. 76	69 od. 69	73 od. 68	69 od. 60	56	62,8	44,3
Kali	12 „ 15	— „ —	5 „ 6	8 „ 3	6	22,1	11,7
Natron	2 „ 0	13 „ 11	12 „ 8	3 „ —	—	—	—
Kalk	10 „ 8	15 „ 12	5 „ 11	13 „ 18	—	12,5	—
Thonerde	— „ 1	2 „ 7	3 „ 1	3 „ 7	1	2,6	—
Magnesia	— „ —	1 „ —	— „ —	— „ 7	—	—	—
Bleioxyd	— „ —	— „ —	— „ —	— „ —	34	—	43,0
Eisenoxydul	— „ —	— „ —	— „ —	2 „ 5	—	—	—

109 Als Rohmaterial zur Anfertigung des Glases, zum sogenannten Glassatz, dienen Sand, Asche, Pottasche, Soda, Glaubersalz, Kochsalz, Mennige, Kalk, Lehm, Schlacken, Basalt, Bimsstein und feldspathartige Minerale, wobei je nach Reinheit und Feinheit des darzustellenden Glases die geeignete Auswahl getroffen wird. Auch giebt man jedesmal einen Zusatz von Glasscherben. Außerdem werden dem Glassatz noch Entfärbungsmittel hinzugefügt und es dienen als solche der Braunstein, die Arsenige Säure und der Salpeter, welche sämmtlich oxydirend wirken. Hierdurch werden beigemengte kohlehaltige Stoffe verbrannt, insbesondere aber vorhandenes Eisenoxydul in Oxyd verwandelt, so daß ein heller gefärbtes gelbes Glas entsteht, welches überdies mit dem violett gefärbten manganhaltigen Glas ein farbloses Gemisch bildet.

Die Bestandtheile werden fein gemahlen, durch Ausglühen getrocknet, je nach der Sorte gemengt und dann in die Glashafen *I* nach und nach eingetragen, deren 6, 8 bis 10 in dem überwölbten Glasofen, Fig. 37, stehen, welcher durch ein heftiges, Jahr aus Jahr ein unterhaltenes Feuer beständig

glühend ist. Nach etwa 12 Stunden ist die Glasmasse flüssig und wird in zwölf weiteren Stunden verarbeitet, was je nach den verschiedenen daraus dar-

Fig. 37.



zustellenden Gegenständen in höchst verschiedener Weise geschieht. Ein Hauptwerkzeug des Glasmachers ist die sogenannte P f e i f e, eine 3 bis 4 Fuß lange eiserne Röhre, Fig. 38, die er in das flüssige Glas taucht, worauf er das daran hängenbleibende Glas aufbläst, ähnlich wie man Seifenblasen macht. Durch

Fig. 38.



geeignetes Streichen, Strecken, Biegen, Eindrücken in eine Form giebt der Arbeiter seiner Glaskugel alle möglichen Gestalten, indem er mit der Scheere das weiche Glas zerschneidet, wo es ihm dienlich erscheint, gerade wie wir ein Stück Papier zerschneiden.

Als Beispiel zeigen die Figuren 39 bis 43 die verschiedenen Formen, welche eine F l a s c h e bis zu ihrer Vollendung durchläuft. Bei Anfertigung des

Fig. 39.

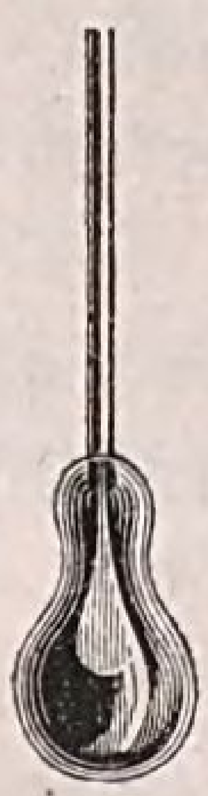


Fig. 40.

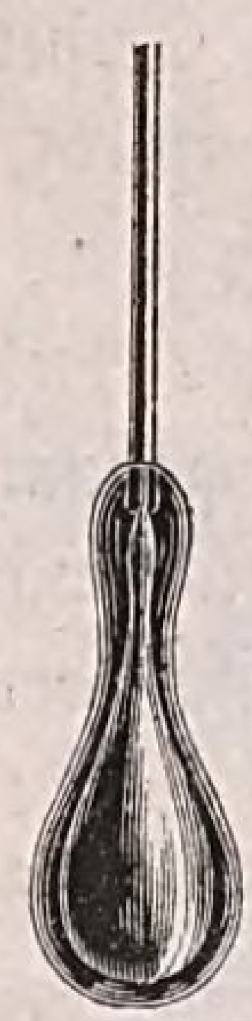


Fig. 43.



Fig. 41.

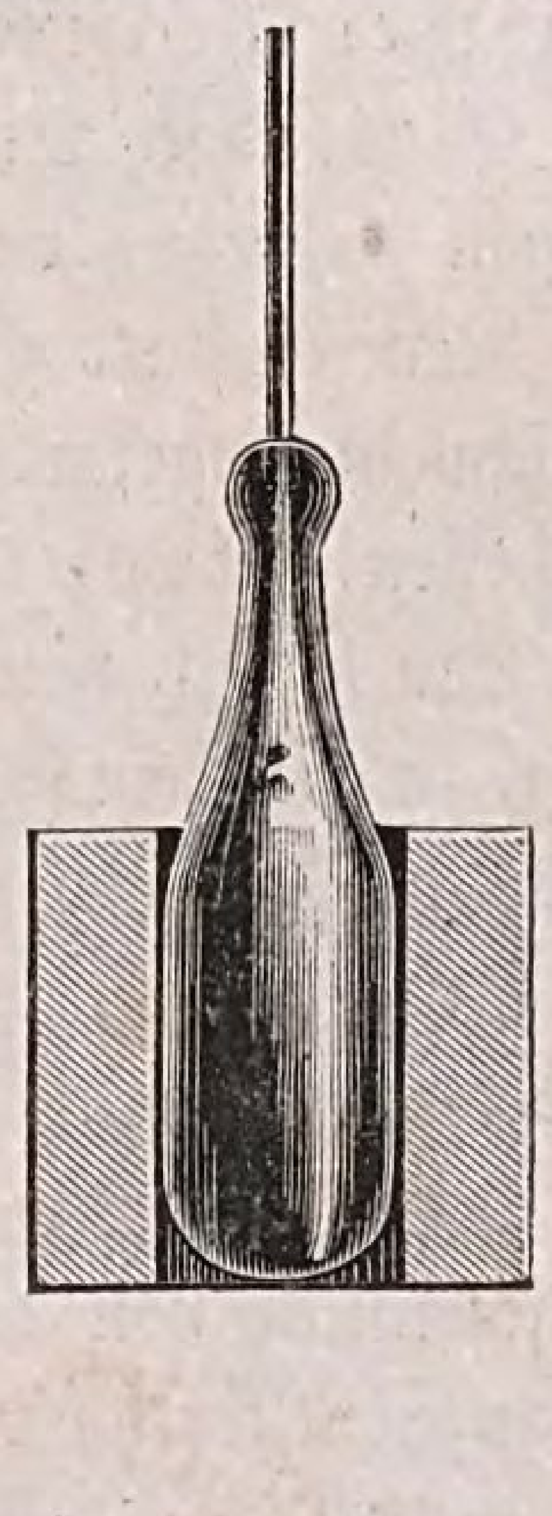


Fig. 42.



gewöhnlichen Tafel- oder Fensterglases wird ein langer hohler Cylinder geblasen, der zuerst unten geöffnet, dann erweitert, abgesprengt und der Länge nach aufgeschnitten wird, wie Fig. 44 bis 47 erläutern. In einem besondern

Fig. 44.

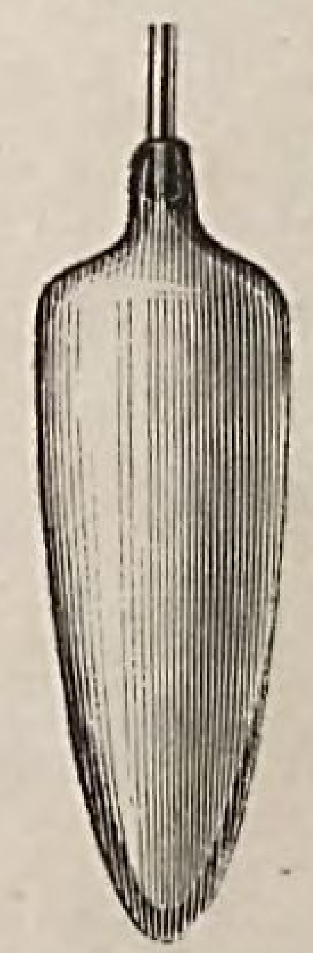


Fig. 45.

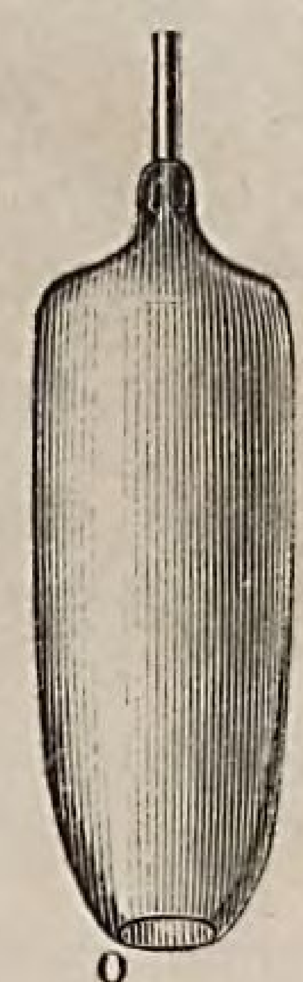


Fig. 46.

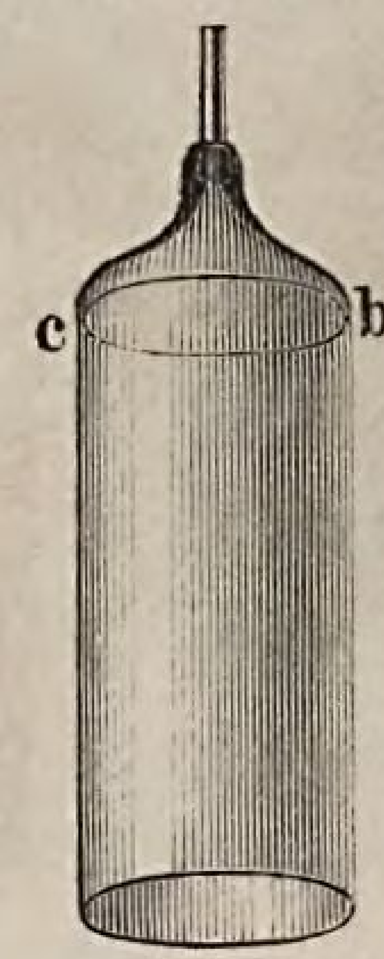
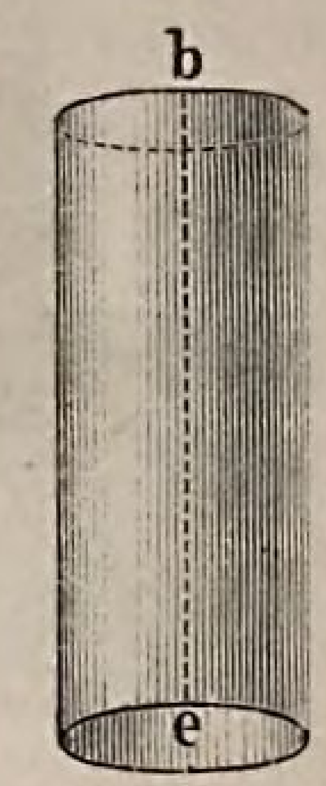
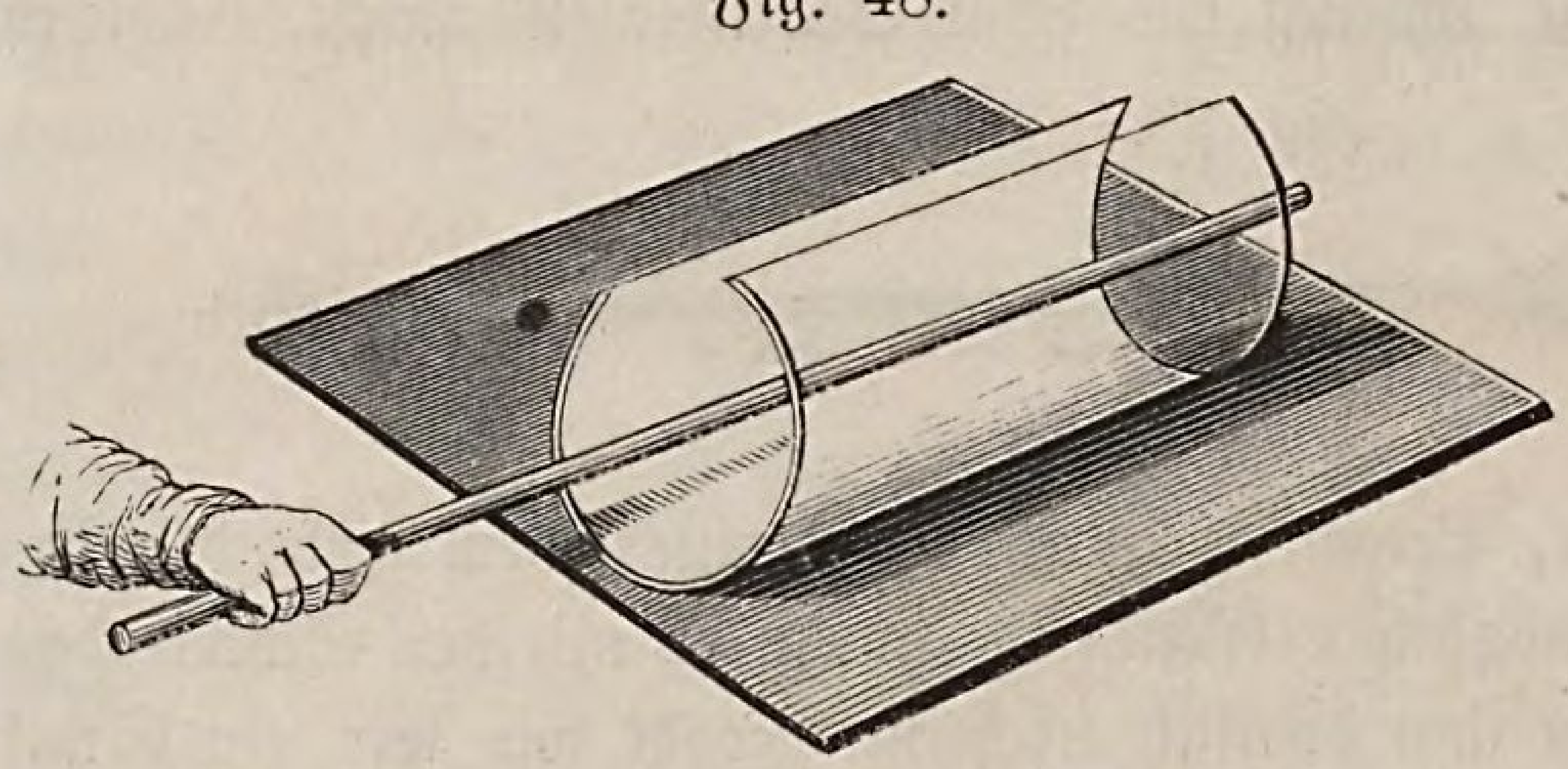


Fig. 47.



Streckofen wird nachher der Cylinder auf einer heißen Platte zur Scheibe gestreckt, Fig. 48. Große Spiegelscheiben werden gegossen, gewalzt und dann geschliffen und polirt, welche schwierige und mühsame Arbeiten diese Gläser sehr theuer machen.

Fig. 48.



Farbiges Glas erhält man, wenn der Glasmasse gewisse Metalloxyde zugesetzt werden, die wir jedesmal neben der entsprechenden Farbe anführen wollen: Schwarz färbt ein Gemenge von Eisenoxydul, Manganoxyd, Kupferoxyd, Kobaltoxyd; Blau, Kobaltoxyd; Violett, Manganoxyd; Grün, Kupferoxyd oder Chromoxyd; Flaschengrün, Eisenoxydul; Purpurroth, Goldoxyd mit Zinnoxyd; Feuerroth, Kupferoxydul; Fleischroth, Eisenoxyd; Gelb, Antimonoxyd, Silberoxyd, Eisenoxyd.

Glas, das nicht in seiner ganzen Masse gefärbt, sondern nur mit einem farbigen Ueberzug versehen ist, wird Ueberfangglas genannt.

Reines, stark glänzendes Bleiglas wird Glasfluß oder Straß genannt und sowohl ungefärbt als auch gefärbt zu den sogenannten falschen Edelsteinen und hellen Glasperlen oder Schmelzperlen benutzt.

Ein Zusatz von Zinnoxyd macht das weiße oder gefärbte Glas undurchsichtig, in welchem Falle es Email genannt und zu Strickperlen und allerlei Schmuck verwendet wird. Das halbdurchsichtige sogenannte Milchglas oder Beinglas, welches zu Lampenschirmen dient, entsteht, wenn der Glasmasse weißgebrannte Knochen zugesetzt werden.

Die Erfindung des Glases, irrthümlich den Phöniciern zugeschrieben, ist wahrscheinlich von den Aegyptern gemacht worden. Doch diente das Glas im ganzen Alterthum nur zu Gegenständen des Schmucks und des Luxus. Wenn schon antike Glasgefäße erkennen lassen, daß damals alle Handgriffe des Glas-

blasens geübt wurden, so war doch die Darstellung des Tafelglases unbekannt und die Alten entbehrten der Glasfenster. Den größten Aufschwung nahm die Glasfabrikation seit Anfang des sechzehnten Jahrhunderts in den berühmten Glashütten der Insel Murano bei Venedig; später war Böhmen lange Zeit Hauptsitz dieser Industrie.

Die Glasmalerei nahm ihren Anfang im dreizehnten, erreichte ihre höchste Blüthe im fünfzehnten Jahrhundert; sie dauerte noch im sechzehnten Jahrhundert, mit dessen Ende sie in Verfall gerieth, und erst seit Beginn des gegenwärtigen Jahrhunderts ist diese herrliche Kunst, wesentlich gefördert durch die Chemie, wieder in schönster Blüthe erstanden. Die ältesten Glasbilder waren lediglich Mosaiken, indem verschiedenfarbige Gläser durch Blei zusammengesetzt wurden. Man lernte sodann die Darstellung des Ueberfangglases kennen, dessen farbiger Ueberzug an beliebigen Stellen weggeschliffen oder geätzt und durch andere aufgebrannte Farben ersetzt werden kann. Später verband man beide Methoden. Die schattirten Stellen werden auf der Innenseite des farbigen Glases aufgetragen.

Wasserglas nennt man die kalkfreien Gläser der Alkalien, welche in Wasser löslich sind. Das Kali-Wasserglas erhält man durch Einschmelzen von 45 Sand, 30 Pottasche und 8 Thln. Kohlenpulver; beim Natron-Wasserglas wird die Pottasche durch 23 Soda ersetzt. Die Wasserglaslösungen haben eine vielfache Anwendung als Schutzmittel brennbarer Stoffe, zum Waschen, zu Steinkitt und Erzeugung künstlicher Steine und zur Wandmalerei (Stereochromie).

Porzellan und Thonwaare. Man weiß zuverlässig, daß bereits 110
Jahrhunderte vor Christi Geburt das Porzellan in China angefertigt wurde, woher es die Portugiesen zu hohen Preisen einführten. Das Verdienst der Begründung der europäischen Porzellanfabrikation gebührt Böttich er, einem Alchymisten und angeblichen Goldmacher. Als solchen hatte August II., Kurfürst von Sachsen, ihn in seine Gewalt genommen und ihm unter schwerer Bedrohung die Golderzeugung auferlegt. Glücklicherweise gelang ihm bei den mannichfachen Schmelzversuchen die Darstellung einer porzellanartigen Masse, die zur Entdeckung des weißen Porzellans und im Jahre 1710 zur Errichtung der ersten Fabrik in Meißen führte.

Ein aus der Verwitterung des Feldspaths hervorgehender eisenfreier Thon, sogenannter Kaolin oder Porzellanerde, ist das Haupterforderniß zur Fabrikation des Porzellans. Derselbe wird höchst fein gemahlen und erhält auch wohl noch Zusätze von reinem Quarz oder etwas Gyps innig beigemengt. Aus dieser Masse werden alsdann die Gegenstände geformt, theils aus freier Hand auf der Töpferscheibe, theils mit Hülfe von Formen, auf welche dünne Thonplatten mittels feuchter Schwämme aufgedrückt werden. Nachdem die Geschirre langsam an der Luft getrocknet sind, erhalten sie den ersten Brand. Damit keine Verunreinigung derselben stattfindet, werden sie in thönerne Kapseln, Fig. 49 a. f. S., gesetzt, und in einen weniger stark erhitzten Theil des Por-

zellanofens, Fig. 50, gestellt. Sie sind nachher fest und vollkommen weiß, allein ihr Ansehen ist matt, erdig, und indem die Masse begierig Wasser einsaugt, klebt sie stark an der Zunge. Das Porzellan bedarf jetzt noch der Glasur,

Fig. 50.

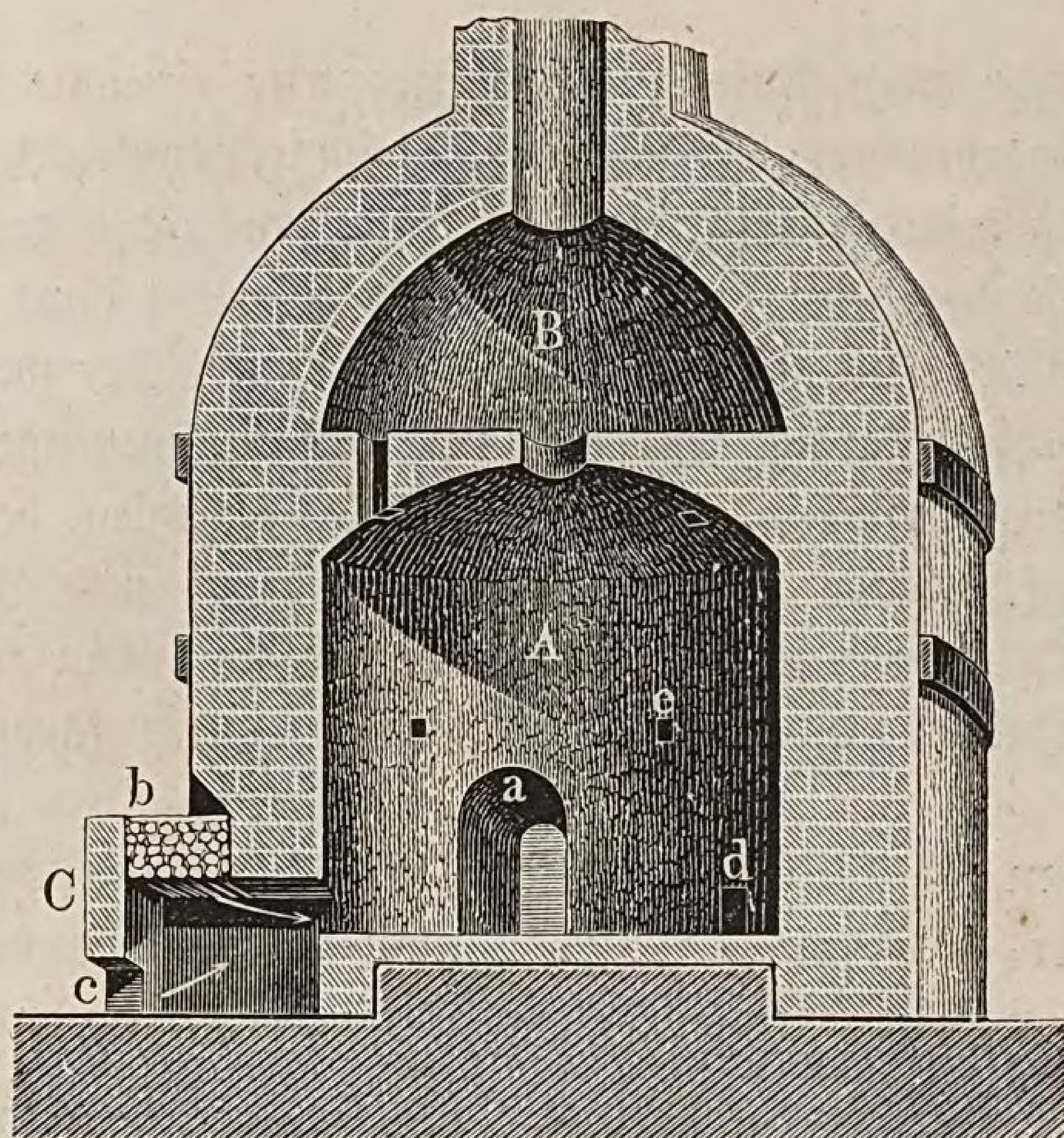


Fig. 49.



weshalb man es in eine Flüssigkeit eintaucht, welche eine feingemahlene Porzellanmasse enthält, die man durch Zusatz von Gyps etwas leichter feuerflüssig gemacht hat. Hiermit überzogen wird nun das Zeug zum zweiten Mal im schärfsten Feuer gebrannt.

Das vollkommene Porzellan ist ganz weiß, sehr hart, am Stahle Funken gebend, mit glänzendem, muschligem Bruch und durchscheinend. Dünne Geschirre daraus klingen hell und rein, fast wie Metall. Das Porzellan enthält in Procenten ungefähr 60 bis 70 Kieselsäure; 20 bis 30 Thonerde; 3 bis 6 Alkali. Das englische Porzellan ist ärmer an Kieselsäure, wovon es etwa 40 Proc., dagegen an 30 Proc. Kalk nebst 20 bis 25 Thonerde enthält.

Zum Bemalen des Porzellans nimmt man mit Terpentinöl fein angeriebene farbige Glasmasse, sogenannte Fritte, die auf das bereits glasirte Geschirr aufgetragen und bei einer geringern Hitze in einem sogenannten Muffelofen, Fig 51, eingebrannt wird.

Fig. 51.



Das bessere Fayence ist auf dem Bruche erdig aber weiß, und hat eine Glasur, die meistens aus leichtflüssigem Bleiglas besteht. Geringeres Geschirr der Art ist im Bruch grau, gelb oder roth, und erhält alsdann eine weiße Glasur von Bleiglas mit Zusatz von Zinnoxyd.

Die Töpferwaare oder das Irdene Geschirr wird aus gröberm Thon gefertigt und entweder nicht glasirt, wie z. B. die Blumentöpfe, oder es erhält einen Ueberzug von Bleiglas. Hier ist es nun mitunter der Fall, daß zur Ersparung des Brennstoffs das zur Glasur bestimmte Bleioxyd nicht vollständig verglast wird, wodurch solche Geschirre die Speisen vergiften können. Man wähle daher stets recht scharf ausgebrannte hellklingende Ge-

schirre mit lebendiger Glasur. Das Steingut, welches besonders zu Sauerwasserkrügen, Einmachtöpfen u. s. w. benutzt wird, erhält seine Glasur, indem man in den mit Geschirr erfüllten glühenden Ofen Kochsalz (Chlornatrium) wirft. Dasselbe verdampft, bedeckt in- und auswendig die Waare, auf der es einen Ueberzug von leichtflüssigem Natronglas bildet.

Unbillig wäre es, nicht auch der thönernen Pfeifen zu gedenken, die am Niederrhein bei Köln ihr gebrechliches Dasein erhalten. Daß endlich die Ziegel- und Backsteine die roheste Thonwaare vorstellen, die gewöhnlich durch Eisenoxyd lebhaft roth gefärbt ist, bedarf keiner weitern Ausführung.

Wassermörtel. Cäment. Gewisse Kalksteine, die 20 bis 30 Proc. **111**
Thon enthalten, erlangen, nachdem sie gebrannt worden sind, die Eigenschaft, bei Zusatz von Wasser einen Mörtel zu bilden, der nicht nur an der Luft, sondern auch unter Wasser erhärtet. Ein solcher Kalk wird deshalb Hydraulischer Kalk und der mit ihm hergestellte Mörtel, Wassermörtel genannt.

Dieselbe Eigenschaft kann auch dem Mörtel aus gewöhnlichem Kalk ertheilt werden, durch Zusatz gewisser Thonerdesilicate, welche man Cämente nennt. Solche finden sich entweder an mehreren Orten, als natürliche Producte, gebildet durch vulkanisches Feuer, wie z. B. der Traß im Brohlthal am Rhein und die Puzzolanerde, in der Umgebung von Neapel und Rom, oder sie werden fabrikmäßig dargestellt, durch Zusammenschmelzen einer geeigneten Mischung von Kalk und Thon. Die Masse wird aufs Feinste gemahlen und bildet mit Kalk vermischt, oder auch für sich allein bei Wasserzusatz einen Mörtel, der zu Wasserbauten und zu gegossenen Steinornamenten eine ausgedehnte Anwendung findet. Guter Cäment nimmt nach 15 bis 20 Minuten Festigkeit an, welche nach einigen Monaten die der härtesten Gesteine erreicht. Die Erhärtung beruht darauf, daß beim Brennen der Masse Thonerdesilicate entstehen, welche die Fähigkeit besitzen, Wasser chemisch zu binden, ähnlich wie gebrannter Gyps. —

b. Schwere Metalle.

Eisen.

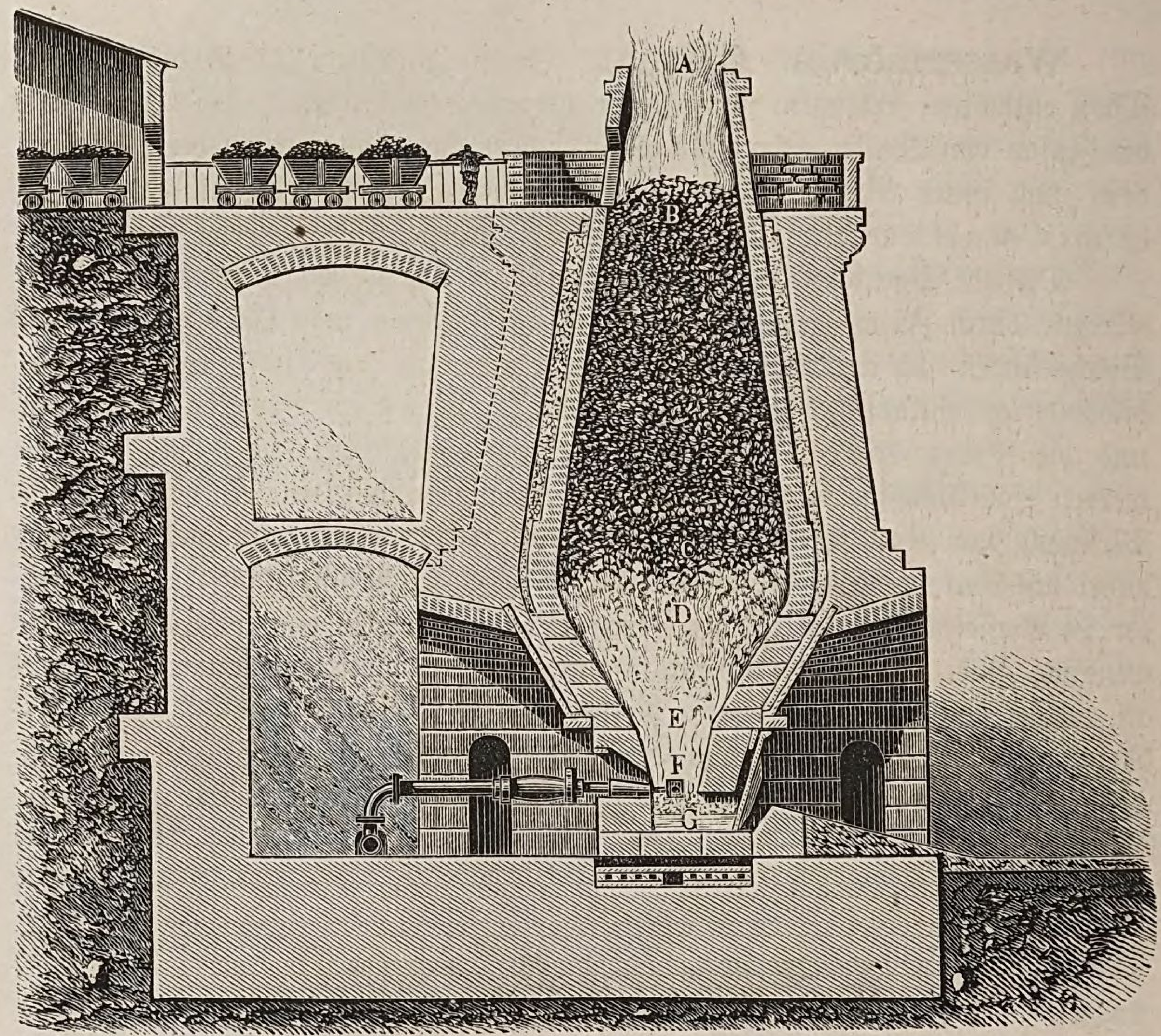
Ferrum; Fe = 56; specif. Gew. = 7,6.

Es eröffne die Reihe der schweren Metalle das Eisen, dieses wichtigste **112**
und werthvollste aller Metalle, daraus wir den Pflug schmieden, der unseren Boden baut, und das Schwert, welches denselben vertheidigt. Die Geschichte zeigt uns Völker, die im Besitze eines Ueberflusses von Gold verarmten, und andere, die im Besitze von Eisen die wahre Quelle des Reichthums, die Gewerbthätigkeit, sich aufgeschlossen haben.

Das Eisen findet sich nur selten gediegen als sogenanntes Meteoreisen,

das stets etwas Nickel enthält. Dagegen ist es ein Bestandtheil der mannichfachen Eisenerze, die wir im mineralischen Theile kennen lernen. Ihre wesentlichen Bestandtheile sind Eisen und Sauerstoff, sie sind Oxyde, welchen der Sauerstoff entzogen werden muß. Zu diesem Zwecke werden die durch den Bergbau zu Tag geförderten Erze in kleine Stücke zerschlagen und mit Holz- oder Steinkohlen schichtweise in den 10 bis 15 Meter hohen Hochofen, Fig. 52, gebracht, dessen unteren Theil man beim Beginn des Betriebes mit Holz und Kohlen angefüllt hatte, die angezündet und durch anhaltendes und

Fig. 52.



starkes Einblasen von erhitzter Luft im lebhaftesten Glühen erhalten werden. Durch die Verbrennung der Kohle entstehen Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoff und Cyanwasserstoff, welche, mit den glühend gewordenen Erzen in Berührung kommend, letzteren den Sauerstoff entziehen. Diese Desoxydation geht hauptsächlich in dem unteren Theile *C*, des sogenannten Schachtes *B C*, vor sich; das entstandene Eisen ist von schwammiger Beschaffenheit und sinkt allmälig in den sich verengenden Theil, die Rast, *D* des Hochofens herab, wo es 4 bis 5 Proc. Kohlenstoff aufnimmt und dadurch zu leicht schmelzbarem Roheisen wird. Dasselbe schmilzt in dem Schmelzraum *E*, bei einer Temperatur von 1000 bis 1200° und fließt nach dem untersten Theile des Ofens *G*, wo es von Zeit zu Zeit ab-

gelassen wird. Indem also die unteren Lagen von Kohle und Erz verschwinden, rücken die höheren herab, und da man durch eine obere Seitenöffnung immer neues Erzgemenge nachschüttet, so geht der Betrieb des Hochofens Jahr und Tage lang fort, bis derselbe schadhaft wird und der Ausbesserung bedarf.

Aber das Eisen ist nicht das einzige Product des Hochofens. Die meisten Erze enthalten mehr oder weniger Beimengungen von Kieselsäure, Thon und Kalk, die in der Hitze, bei welcher das Eisen erzeugt wird, zu einem dunkelgefärbten Glase, Schlacke genannt, zusammenschmelzen und mit dem Eisen nach unten abfließen. Da die Schlacke weniger dicht ist, so schwimmt sie obenauf und wird von Zeit zu Zeit mit Haken hinweggezogen, wo sie dann zu glasigen Massen erstarrt. Indem sie also das glühende Eisen bedeckt, ist dasselbe vor Berührung mit der bei *F* eingeblasenen Luft geschützt, die vieles Eisen wieder oxydiren würde. Die Schlackenerzeugung ist daher beim Hochofenbetrieb nothwendig, und wenn die Erze jene Bestandtheile, die ihre Bildung erfordert, nicht enthalten, so giebt man ihnen einen Zuschlag von geeigneten Mineralen, namentlich von Kalk, der eine leichtflüssige Schlacke bildet. Die aus der oberen Oeffnung des Ofens, der sogenannten Gicht *A*, entweichenden Hochofengase enthalten außer Kohlensäure noch Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoff. Sie sind daher brennbar und bilden die Gichtflamme, welche zum Erhitzen der Luft dient, womit das Gebläse gespeist wird.

Eisensorten. Das Eisen hat die Fähigkeit, mit Kohlenstoff chemisch 113
sich zu verbinden, und je nach Art und Verhältniß, in welchem dies geschieht, entstehen drei Hauptsorten desselben, nämlich: 1. Sehr kohlenstoffhaltiges oder Gußeisen. 2. Kohlenstofffreies oder Schmiedeeisen. 3. Gering kohlenstoffhaltiges Eisen oder Stahl.

1. Roheisen oder Gußeisen wird das Metall genannt, welches unmittelbar aus dem Hochofen hervorgeht. Hundert Pfund desselben enthalten 4 bis 5 Pfund Kohlenstoff. Entweder ist der Kohlenstoff mit dem Eisen vollständig chemisch verbunden, und dann ist das Eisen weiß, glänzend, blättrig krystallinisch, sogenanntes Spiegeleisen, welches zwar leicht schmilzt, jedoch unregelmäßig zu einer äußerst spröden und harten Masse erstarrt, daher weder zu Gußwerken noch zu Schmiedearbeit verwendbar ist, sondern zur Darstellung der anderen Eisensorten dient; oder der Kohlenstoff ist theilweise in dem Eisen aufgelöst, theilweise demselben in Gestalt kleiner Graphitschuppen beigemengt, wodurch es eine graue bis schwarzgraue Farbe erhält, wie dies beim gewöhnlichen Gußeisen oder grauen Roheisen der Fall ist. Dieses schmilzt bei 1000° bis 1200° zu einer dünnflüssigen Masse, die alle Theile der aus Sand gebildeten Formen leicht ausfüllt, sich beim Erkalten nur um $1^1/_4$ Proc. zusammenzieht und daher zu Gußwaaren aller Art, namentlich zu Oefen, Herdplatten, aber auch zu Kunstgegenständen benutzt wird. Da dieses Eisen auf dem Bruche körnig, hart und sehr spröde ist, so kann es nicht geschmiedet werden; es läßt sich jedoch feilen, bohren und abdrehen.

2. Das Stab- oder Schmiedeeisen ist fast ganz reines Eisen, und

wird aus dem vorhergehenden dargestellt, indem man dieses in lebhafter Berührung mit der Luft glüht, wobei der darin enthaltene Kohlenstoff verbrennt. Dies geschieht entweder bei Anwendung von Holzkohle in offenen sogenannten Frischherden, oder beim Gebrauch von Steinkohle in den Puddelöfen, durch ein Flammfeuer. Als wesentlichste Eigenschaft desselben heben wir große Zähigkeit hervor, weshalb es sich leicht schmieden, in feinen Draht ziehen und zu dünnen Blechen auswalzen läßt. Auf dem Bruche ist es grau und zackig, wird jedoch durch das Ausschmieden faserig, sehnig. Beim Verarbeiten nimmt es Politur und eine weiße Farbe an. Da es eine geringe Härte besitzt, ist es zu schneidenden Werkzeugen wenig geeignet. Das Stabeisen schmilzt erst in der stärksten Weißglühhitze bei etwa 1600°. Verschiedene Stücke desselben lassen sich daher nicht durch Zusammenschmelzen vereinigen, allein indem man dieselben rothglühend macht, erweichen sie und können jetzt auf einander gelegt und durch Hämmern sehr innig verbunden oder, wie man sagt, zusammengeschweißt werden.

3. Der Stahl enthält 1 bis 2 Procent Kohlenstoff. Er wird entweder aus Gußeisen bereitet, indem man diesem den Kohlenstoff nur zum Theil entzieht, oder aus Stabeisen, dem er wieder zugesetzt wird. Der auf ersterm Wege erzeugte Stahl wird Rohstahl genannt. Zur Darstellung des Stahls aus Schmiedeeisen werden dünne Stäbe desselben in thönernen Kasten mit Kohlenpulver umgeben längere Zeit geglüht, wodurch der Kohlenstoff allmälig in das Eisen übergeht und es in den sogenannten Cementstahl verwandelt. Behandelt man stärkere Eisenmassen auf ähnliche Weise, so erhalten sie nur einen Ueberzug von Stahl oder sie werden dadurch cementirt. Diese beiden Stahlsorten sind niemals in allen Theilen ihrer Masse vollkommen gleichartig; es werden daher entweder mehrere Stücke desselben zusammengeschweißt, ausgestreckt und wieder zusammengeschmiedet, was man das Raffiniren oder Gerben des Stahles nennt; oder die Gleichartigkeit wird durch Einschmelzung des Stahles hergestellt, wodurch man den Gußstahl erhält. Letzterer wird auch bereitet, indem Roheisen und Schmiedeeisen in passenden Verhältnissen zusammengeschmolzen werden.

Ein neueres Verfahren liefert den Bessemerstahl. In einem birnförmigen Gefäß von Schmiedeeisen mit Thonfütterung wird Roheisen eingeschmolzen und sodann durch starkes Einblasen von Luft aller darin enthaltene Kohlenstoff, sammt vorhandenem Silicium, Schwefel und Phosphor verbrannt. Vermittels des Spectroskops (Physik §. 205) läßt sich an der Flamme der Zeitpunkt erkennen, wann dies der Fall ist. Ein nachheriger Zusatz von Spiegeleisen stellt den erforderlichen Gehalt an Kohlenstoff wieder her.

Der Stahl bietet eins der auffallendsten Beispiele, wie durch verschiedene Lagerung seiner Moleküle ein und derselbe Körper die verschiedensten Eigenschaften erhalten kann.

An und für sich hat der Stahl so ziemlich die Eigenschaften des Stabeisens. Er ist weich, sehr schmiedbar, aber leichter flüssig als jenes, denn er schmilzt bei 1200 bis 1400°. Seine Farbe ist grau bis grauweiß; er nimmt eine außerordentlich schöne Politur an und erhält dadurch einen lebhaften Glanz.

Wird aber Stahl glühend gemacht und durch Eintauchen in kaltes Wasser plötzlich abgekühlt oder, wie man sagt, abgelöscht, so ist gleichsam seine ganze Natur umgewandelt, denn er erscheint nachher im höchsten Grade spröde, folglich unschmiedbar, aber härter als irgend ein Körper, Diamant und krystallisirte Thonerde ausgenommen. Er ritzt Glas und wird daher glashart genannt. Aus gehärtetem Stahl bestehen alle Werkzeuge, die eine große Härte erfordern, wie namentlich Feilen und Bohrer.

Erhitzt man den gehärteten Stahl und läßt ihn langsam erkalten, so verliert er seine Eigenschaften und erhält wieder die des rohen Stahls, nämlich Weichheit und Zähigkeit. Diese Umwandlung findet um so vollkommener Statt, je stärker man den harten Stahl erhitzt, und es lassen sich daher durch geeignete Hitzegrade Mittelstufen darstellen, wo der Stahl neben großer Härte zugleich Geschmeidigkeit beibehält, was zu den meisten Anwendungen desselben, namentlich zu Schneidewerkzeugen, durchaus nothwendig ist.

Beim Erhitzen oder sogenannten Anlassen ändert der polirte Stahl zugleich seine Farbe, indem er zuerst blaßgelb wird, dann dunkler gelb, orange, roth, dunkelroth, violett, blau und endlich blauschwarz, wobei die dunkleren Farben stets höheren Hitzegraden entsprechen. Dieses farbige Anlaufen des Stahls giebt daher ein vortreffliches Mittel, die Temperaturen zu bezeichnen, welchen er ausgesetzt werden muß, um für bestimmte Zwecke am geeignetsten zu werden. Jene Farbenreihe sieht man sehr deutlich, wenn man eine Stricknadel an den Rand einer Kerzenflamme hält, wo nachher, an der heißesten Stelle mit Schwarz beginnend, nach den weniger erhitzten alle jene Farben auftreten.

Bei den meisten Stahlarbeiten wird der Gegenstand zuerst aus weichem Rohstahl geschmiedet, dann gehärtet und nachher zu gewissen Graden angelassen, die wir durch einige Beispiele bezeichnen wollen: feinste Messer blaßgelb; Rasir- und Federmesser goldgelb; Scheeren, Aexte, Meißel, gewöhnliche Messer braun bis purpurroth; Klingen, Uhrfedern, Bohrer hellblau, und endlich Sägeblätter dunkelblau.

Eisenindustrie. Das Eisen war zwar im Alterthum nicht unbekannt, 114
doch wurde zur Anfertigung von Waffen und Werkzeug vorzugsweise das Bronce verwendet, das aus Kupfer und Zinn besteht, Metalle, deren Gewinnung leichter ist, als die des Eisens. Die massenhafte Erzeugung des letztern durch den Hochofenbetrieb scheint zu Anfang des Mittelalters aufgekommen zu sein und es ist merkwürdig, daß derselbe Jahrhunderte lang in unveränderter Weise fortbestand. Erst im gegenwärtigen Jahrhundert hat die Eisenerzeugung wesentliche Verbesserungen erfahren, durch Verwendung der früher als Gichtflamme unbenutzt verbrennenden Hochofengase, insbesondere aber durch Einführung von erhitzter Luft in das Gebläse. Es wird hierdurch die nachtheilige Abkühlung vermieden, welche der Zutritt der kalten Luft gerade in der Schmelzzone des Ofens bewirkt, und eine große Ersparung an Kohle erzielt. Dieselbe Menge Brennstoff, welche mit kalter Luft 100 Ctr. Eisen erzeugt, liefert 140 Ctr. mit Gebläseluft von 145° und 234 Ctr. mit Luft von 322°.

Die Coherenz der Eisensorten ist sehr ungleich, denn es tragen Stäbe von 1 Quadratzoll Gußeisen 180, von Stabeisen 590, von Stahl 1470 Ctr., oder es verhält sich dieselbe nahezu wie 1 : 3 : 9 für die bezüglichen Metalle.

Auffallend ist die Werthhöhung, welche in der Eisenindustrie das Rohmaterial erfährt. Den Werth des Roheisens = 1 gesetzt, ist derselbe bei feiner Kunstgußwaare = 150; als Stabeisen bei Flintenläufen = 240; als Stahl bei Messerklingen = 650; als Stahl bei den Unruhfedern in Damenuhren = 6 Millionen, oder 25mal mehr als der Werth von gleich viel Gold!

Eisenpreise in Thalern am Ende des Jahres 1868 für 100 Pfd. Roheisen $1\frac{1}{5}$ bis $1\frac{2}{3}$; Stabeisen $3\frac{1}{2}$; Stahl 10, 14 bis 22.

Eisenproduction im deutschen Zollvereinsgebiet im Jahre 1870 in Millionen Centnern: Roheisen 19; Stabeisen 11; Stahl $2\frac{1}{2}$, im Werth von 21, 34, 19, zusammen von 74 Mill. Thalern.

115 **Verbindungen des Eisens.** Die löslichen Verbindungen des Eisens haben einen eigenthümlichen, süßlich metallischen, herb zusammenziehenden Geschmack; mit gerbstoffhaltigen Körpern, z. B. einer Abkochung von Galläpfeln oder Eichenrinde, vermischt geben sie eine violette bis blauschwarze Verbindung (Tinte). In den meisten Verbindungen hat das Eisen eine medicinische Wirkung, namentlich in Beziehung auf das Blut. Wir beschreiben dieselben in der Reihenfolge, nach welcher sie bei ihrer Darstellung von einander abgeleitet werden:

Das Zweifach-Schwefeleisen, FeS_2, ein häufig vorkommendes Mineral, wird Eisenkies genannt und ist messinggelb, metallglänzend, krystallinisch. Es dient zur Gewinnung von Schwefel, indem es der Destillation unterworfen wird, wobei Einfach-Schwefeleisen zurückbleibt; beim Erhitzen an der Luft und durch Verwitterung verwandelt es sich in Schwefelsaures Eisenoxydul. Das Einfach-Schwefeleisen, FeS, welches zur Darstellung des Schwefelwasserstoffs benutzt wird, erhält man durch gelindes Glühen eines Gemenges von Schwefel mit Eisen.

Das Schwefelsaure Eisenoxydul, $FeO, SO_3 + 7 H_2O$, gewöhnlich grüner Vitriol oder Eisenvitriol genannt, bildet sich in Gestalt von schönen grünen Krystallen durch Oxydation des natürlichen Schwefeleisens. Es ist eins der wohlfeilsten Salze und hat wichtige Anwendungen zur Darstellung der meisten übrigen Eisenpräparate, insbesondere von Berlinerblau, Tinte, violetten und schwarzen Zeugfarben, sowie zu rauchender Schwefelsäure. Auch gießt man seine Auflösung in Abtritte, um den üblen Geruch derselben zu entfernen. Das wasserfreie Salz ist farblos.

Das Eisenoxydul, FeO, ist für sich nicht bekannt. Sein Hydrat, FeO, H_2O, wird erhalten, wenn Schwefelsaures Eisenoxydul durch Kali gefällt wird; es ist weiß, färbt sich jedoch augenblicklich grün, gelb und endlich braun, indem es sich in Eisenoxydhydrat umwandelt.

Das Eisenoxyd, Fe_2O_3, kommt häufig als Mineral (Rotheisenstein) vor, und wird bei der Bereitung der rauchenden Schwefelsäure als Rückstand

gewonnen. Gepulvert ist es dunkel ziegelroth, und wird als Farbe und zum Poliren unter dem Namen Englisch-Roth benutzt. Dem rothen Oker, Röthel und rothen Sandstein u. a. m. verleiht es ihre Farbe.

Das Eisenoxydhydrat, $2Fe_2O_3$, $3H_2O$, findet sich in der Natur häufig als Brauneisenstein. Es ist gelb bis braun und ertheilt vielen Mineralen die entsprechende Farbe. Man erhält es rein, wenn eine Auflösung von Anderthalb-Chloreisen mit Ammoniak niedergeschlagen wird, und wendet es in der Medicin, namentlich gegen Arsenikvergiftungen, an; es bildet sich ferner als sogenannter Rost, wenn Eisen der feuchten Luft ausgesetzt wird; in der Hitze verliert es sein Hydratwasser, indem Eisenoxyd zurückbleibt.

Das Eisenoxyd-Oxydul, Fe_2O_3, FeO oder Fe_3O_4, bildet ebenfalls ein Eisenerz, Magneteisen genannt, weil es magnetisch ist. Dasselbe ist schwarz und viele Minerale erhalten von ihm ihre entsprechende Färbung; es findet sich krystallisirt in regelmäßigen Octaedern und massenhaft in den Erzlagern von Schweden und Norwegen. Künstlich gebildet wird dieses Oxyd durch Verbrennung des Eisens in Sauerstoff.

Das Kohlensaure Eisenoxydul, FeO, CO_2, ist unter dem Namen Spatheisenstein eines der vorzüglichsten Erze; es wird erhalten, wenn man eine Auflösung von Eisenvitriol mit Kohlensaurem Natron versetzt; der entstehende Niederschlag ist weiß, färbt sich aber bald grün und braun, indem er Sauerstoff aufnimmt und zum Theil in Oxyd übergeht. Obgleich in Wasser unlöslich, kann Kohlensaures Eisenoxydul doch von Quellen, die Kohlensäure enthalten, aufgenommen werden, und man nennt Quellen, die es in dieser Weise aufgelöst enthalten, Stahlbrunnen.

Eisenchlorür, $FeCl_2$, genannt, entsteht, in Gestalt farbloser Krystallschuppen, wenn Chlorwasserstoff über erhitztes Eisen geleitet wird; wenn Eisen in Salzsäure aufgelöst wird, setzt es sich aus der concentrirten Lösung in blaß grünblauen, wasserhaltigen Krystallen ab.

Eisenchlorid, Fe_2Cl_6, sublimirt als schwarz glänzende krystallinische Masse beim Leiten von Chlor über erhitztes Eisen; in rothbraunen wasserhaltigen Krystallen erhält man es aus einer concentrirten Auflösung des Eisens in Königswasser. Diese Verbindung wird in der Medicin angewendet.

Das Gelbe Blutlaugensalz, $FeCy_2 + 4KCy$, oder Kalium-Eisencyanür, ist ein besonders merkwürdiges Eisensalz, welches entsteht, wenn Kohlensaures Kali mit stickstoffreicher Kohle und Eisenfeile geglüht wird. Ursprünglich verkohlte man hierzu eingetrocknetes Blut; jetzt verwendet man vorzugsweise altes Leder, Haare, Wolle u. a. m. Die geschmolzene Masse wird in heißem Wasser gelöst und die geklärte Lösung liefert nach dem Erkalten das Cyaneisenkalium in prachtvollen gelben Krystallen, die 3 Mol. Krystallwasser enthalten; es ist nicht giftig, dient jedoch zur Darstellung der Blausäure sowie der übrigen Cyanverbindungen. Seine Lösung giebt mit Eisenoxydulsalzen einen weißlichen, aus Eisencyanür, $FeCy_2$, bestehenden Niederschlag, der jedoch schnell eine

blaue Farbe annimmt, die allmälig dunkler wird; mit Eisenoxydsalzen entsteht sogleich ein tiefblauer Niederschlag, das sogenannte Berlinerblau.

Das Rothe Blutlaugensalz, $FeCy_3 + 3 KCy$, oder Kalium-Eisencyanid erhält man in hyacinthrothen wasserhaltigen Krystallen, wenn der Lösung des gelben Blutlaugensalzes durch Einleiten von Chlor Kalium entzogen wird. Dasselbe bildet mit Eisenoxydulsalzen einen tiefblauen Niederschlag, das Pariserblau; mit Eisenoxydsalzen entsteht kein Niederschlag.

Das Berlinerblau und das Pariserblau, beide in der Farbentechnik vielfach angewendete, nicht giftige Farben, sind Verbindungen von Eisencyanür, $FeCy_2$, mit Eisencyanid Fe_2Cy_6.

$$\text{Berlinerblau} = 2 Fe_2Cy_6 + 3 FeCy_2 = Fe_7Cy_{18}.$$
$$\text{Pariserblau} = Fe_2Cy_6 + 3 FeCy_2 = Fe_5Cy_{12}.$$

Mangan. Mn = 55; specif. Gew. = 8.

116 Das Mangan ist nach dem Eisen das verbreitetste der schweren Metalle, obgleich es weniger häufig in bedeutender Masse auftritt. Es giebt kaum ein Eisenerz, das frei von Mangangehalt ist, der daher auch dem Eisen nicht fehlt und mitunter selbst 4 bis 6 Proc. beträgt. Das Manganmetall ist höchst strengflüssig, hart, spröde, auf dem Bruch grau wie Gußeisen, mit röthlichem Schein. Da es sich an der Luft und im Wasser unter Zersetzung des letztern oxydirt, so hat es keine technische Anwendung.

Das Manganüberoxyd, MnO_2, als Mineral Braunstein oder Pyrolusit genannt, obwohl es auf Papier einen schwarzgrauen Strich macht, ist durch die Leichtigkeit, mit welcher dieses Ueberoxyd Sauerstoff abgiebt, ein vielfach benutztes Oxydationsmittel, und dient zur Darstellung des Sauerstoffs, zum Entfärben des Glases und bei der Bereitung des Chlors. 1 Ctr. = 5 Thlr.

Der Braunstein ist häufig begleitet von dem Manganoxyd, Mn_2O_3, oder Braunit und von dessen Hydrat, Manganit genannt, das einen braunen Strich giebt. Der Werth des Braunsteins mindert sich, je mehr er von diesen Mineralen enthält.

Das Manganoxydul, MnO, benutzt man, um den Glasflüssen eine violette Farbe zu ertheilen; seine Salze sind weiß oder rosenroth. Letzteres ist der Fall bei dem Schwefelsauren Manganoxydul, MnO, SO_3; wird dessen Lösung mit einem Alkali versetzt, so entsteht ein weißer Niederschlag von Manganoxydulhydrat, der jedoch rasch sich braun färbt, indem er in Manganoxydhydrat übergeht.

Wenn man das Manganüberoxyd mit Kali glüht, so löst sich nachher ein Theil der Masse in Wasser mit schön grüner Farbe als Mangansaures Kali, K_2O, MnO_3, auf. Ist diese Auflösung etwas verdünnt, so geht an der Luft ihre Farbe allmälig in ein schönes Purpurroth über, indem jetzt Uebermangansaures Kali, K_2O, Mn_2O_7, in der Flüssigkeit enthalten ist, das jedoch ebenfalls allmälig sich zersetzt, wodurch die Flüssigkeit endlich farblos erscheint.

Wegen dieses eigenthümlichen Verhaltens hat jene grüne Verbindung den Namen Mineralisches Chamäleon erhalten. Das Uebermangansaure Kali erhält man sogleich, wenn beim Glühen des Braunsteins mit Kali noch Chlorsaures Kali zugesetzt wird; es krystallisirt in broncefarbigen Krystallen; seine tief purpurrothe Lösung dient als Desinfectionsmittel, da sie sehr leicht Sauerstoff an organische Stoffe abgiebt. Sowohl die Mangansäure als auch die Uebermangansäure zersetzen sich sehr leicht, letztere unter Entwicklung von ozonisirtem Sauerstoff.

Chrom. Cr = 52; specif. Gew. = 5,9.

Dieses Metall ist erst seit 1797 und weniger allgemein bekannt als die vorhergehenden, obgleich es eins der interessantesten ist. Fast alle seine Verbindungen besitzen nämlich eine ausgezeichnet schöne Farbe, daher es aus dem Griechischen den Namen Chrom, d. i. Farbe, erhalten hat. Es ist höchst strengflüssig, dem Eisen ähnlich, sehr hart, und hat keine technische Verwendung. 117

Das Chrom findet sich im Chromeisenstein, der aus Eisenoxydul und Chromoxyd, $FeO, 2 Cr_2O_3$, besteht. Indem man das gepulverte Mineral mit Kali glüht, entsteht Chromsäure, CrO_3, die sich mit dem Kali zu Zweifach-Chromsaurem Kali, $K_2O, 2 CrO_3$, einem rothen in Wasser löslichen Salze verbindet, das zur Darstellung aller übrigen Chromverbindungen dient. Mit hinreichend Kali versetzt, geht es in Einfach-Chromsaures Kali, K_2O, CrO_3, über, dessen Krystalle hellgelb gefärbt sind. Die löslichen Verbindungen des Chroms wirken brechenerregend, giftig. Wir bemerken ferner:

Das Chromoxyd, Cr_2O_3, erhält man als grünes Pulver, wenn Sauerstoff der Chromsäure entzogen wird, was z. B. geschieht, sobald Chromsaures Kali mit Schwefelkalium in Auflösung erwärmt wird. Es giebt viele Darstellungsarten desselben, die es mehr oder weniger schön grün liefern, wie das Chromgrün des Handels, das ein Hydrat $= Cr_2O_3, 2 H_2O$ ist. Auch dient das Chromoxyd vorzüglich in der Glas- und Porzellanmalerei.

Die Chromsäure, CrO_3, scheidet sich in Gestalt rother, nadelförmiger Krystalle ab, wenn eine concentrirte Lösung von Zweifach-Chromsaurem Kali mit Schwefelsäure versetzt wird. Die Chromsäure ist ein vorzügliches Oxydationsmittel und wird als solches für sich und in ihren Salzen vielfach angewendet. Ein Tropfen Weingeist auf Chromsäure gebracht entzündet sich augenblicklich, während letztere zu Chromoxyd zurückgeführt wird.

Das Anderthalb-Chlorchrom, Cr_2Cl_3, ist eine in glänzenden pfirsichblüthrothen bis violetten Schuppen krystallisirende Verbindung, die jedoch keine Anwendung hat.

Das Doppelsalz aus Schwefelsaurem Chromoxyd mit Schwefelsaurem Kali, $K_2O, SO_3 + Cr_2O_3, 3 SO_3 + 24 H_2O$, stellt prächtige, granatrothe Krystalle dar; es heißt Chromalaun (siehe §. 95) und ist ohne Anwendung.

Das Chromsaure Bleioxyd, PbO, CrO_3, findet sich unter dem Namen Rothbleierz als seltenes Mineral. Künstlich bereitet ist es eine in verschiedenen Abstufungen sehr vielfach angewendete gelbe Farbe, die erhalten wird, wenn man die Auflösung eines Bleioxydsalzes mit Chromsaurem Kali vermischt. Letzteres giebt mit den Lösungen eines Barytsalzes einen gelben, mit Silbersalzen einen purpurrothen und mit Quecksilberoxydsalz einen ziegelrothen Niederschlag, indem die entsprechenden Chromsauren Salze entstehen, die jedoch technisch nicht verwendet werden.

Kobalt. Co = 58,7; specif. Gew. = 8,5.

118 In seinen Erzen findet sich das Kobalt verbunden mit Arsen als Speiskobalt, mit Arsen und Schwefel als Glanzkobalt. Die Gewinnung des Metalles ist mit Schwierigkeit verbunden, weil es stets begleitet wird von anderen Metallen, insbesondere von Eisen und Nickel und weil letzteres in seinem chemischen Verhalten die größte Uebereinstimmung mit dem Kobalt zeigt. Man entfernt durch Rösten den meisten Schwefel und Arsen, löst den Rückstand in Salzsäure, fügt Chlorkalk hinzu und fällt mit Kalkmilch nach einander das Eisen, den Kobalt und das Nickel als Oxydhydrate heraus, die nachher durch Kohle reducirt werden.

Das Kobalt ist stahlgrau, politurfähig, hart und dehnbar; es schmilzt nur im stärksten Feuer, und hat keine technische Anwendung; vom Magnet wird es angezogen.

Das Kobaltoxydul mit Gläsern zusammengeschmolzen, ertheilt denselben eine tief dunkelblaue Farbe. Solches Kobaltglas giebt, fein gemahlen, eine hellblaue, unter dem Namen von Smalte oder Waschblau gebräuchliche Farbe. Die Salze des Kobaltoxyduls haben eine rosenrothe Farbe, die beim Erwärmen blau wird und es beruht hierauf, daß eine verdünnte Auflösung des Chlorkobalts als sympathetische Tinte dient. Schreibt man damit auf Papier, so ist die Schrift nicht sichtbar; sie erscheint jedoch, wenn man das Blatt erwärmt, mit blauer Farbe. Setzt man der Kobaltlösung einen Tropfen Eisenchlorid hinzu, so tritt die Schrift mit schön grüner Farbe hervor.

Nickel. Ni = 58,7; specif. Gew. = 8,8.

119 Das Nickel findet sich mit Arsen verbunden als Kupfernickel, mit Arsen und Schwefel im Nickelglanz und als steter Begleiter des Meteoreisens; endlich verbleibt beim Rösten gewisser Kobalterze die sogenannte Nickelspeise, eine Verbindung von Nickel mit Schwefel. Hinsichtlich der Darstellung des Nickels verweisen wir auf den vorhergehenden Paragraphen. Das Nickelmetall kommt im Handel in Gestalt kleiner Würfel von weißgrauer Farbe vor; es ist hart, sehr dehnbar, politurfähig und haltbar an der Luft. Vom Magnet wird es angezogen. Seine Salze sind grün. Vorzügliche Anwendung hat es zur Fabrikation des Neusilbers oder Argentans, einer Legirung von Nickel, Zink und Kupfer, die dem Silber sehr ähnlich ist.

Zink; Zn = 65. Specif. Gew. = 7,2.

Das Zink ist ein bläulich-weißes, blättrig krystallinisches, sprödes Metall, 120
das auf 100° erhitzt dehnbar wird, bei 200° aber wieder eine solche Sprödigkeit annimmt, daß es sich pulverisiren läßt. Bei 423° schmilzt es, in starker Glühhitze verwandelt es sich in Dampf und kann daher leicht überdestillirt werden. Bis zu demselben Grade an der Luft erhitzt, verbrennt das Zink mit bläulich weißer, stark leuchtender Flamme zu weißem Oxyd.

Dieses Metall hat eine ausgedehnte technische Verwendung theils zu Gußwerken, theils gewalzt, als Zinkblech, zur Dachbedeckung u. a. m. Es ist ferner ein Bestandtheil werthvoller Legirungen, wie des Messings und des Neusilbers. In der Physik dient es als Element der galvanischen Apparate, in der Chemie vornämlich bei der Darstellung des Wasserstoffs.

Die Minerale, aus welchen das Zink durch Glühen mit Kohle und Destillation gewonnen wird, sind der Galmei (Kohlensaures Zinkoxyd), das Kieselzinkerz (Kieselsaures Zinkoxyd) und die Blende (Schwefelzink), welch letztere durch Röften vorher in Oxyd übergeführt werden muß. Als Nebenproduct wird hierbei der sogenannte Zinkstaub erhalten, ein Gemenge von Zink mit Zinkoxyd, das als höchst wirksames Desoxydationsmittel Verwendung findet.

Die Verbindungen des Zinks sind giftig, doch sind mehrere werthvolle Heilmittel, besonders bei Augenleiden. Als solche nennen wir das Schwefelsaure Zinkoxyd, $ZnO, SO_3 + 7 H_2O$, auch Weißes Nichts oder Augenzucker genannt, und in der Kattundruckerei als Zinkvitriol verwendet; ferner das durch Verbrennen des Zinks erhaltene Zinkoxyd, ZnO, das massenhaft unter dem Namen Zinkweiß als Anstrichfarbe dient und vor dem Bleiweiß den Vorzug hat, daß es von schwefelhaltigen Ausdünstungen nicht verändert wird.

Kupfer.

Cuprum; Zeichen: Cu = 63; Dichte = 8,8.

Man trifft dieses Metall nicht selten im gediegenen Zustande, unter an- 121
deren massenhaft in Nordamerika und in Sibirien. Es war daher den Alten früher bekannt, als das schwierig in metallischen Zustand überführbare Eisen. Auf Kupfer werden die nachfolgenden Erze verhüttet: Rothkupfererz oder Kupferoxydul; Malachit oder Kohlensaures Kupferoxyd; Kupferlasur, eine Verbindung von Kohlensaurem Kupferoxyd mit Kupferoxydhydrat; Kupferglanz oder Schwefelkupfer; endlich Kupferkies und Buntkupfererz, beides Verbindungen von Schwefelkupfer mit Schwefeleisen. Aus den natürlichen Oxyden läßt sich das Kupfer durch Kohle unter Mitwirkung einer kieselreichen Schlacke leicht reduciren; die schwefelhaltigen Kupfererze werden durch wiederholtes Röften in Kupferoxyd, sogenanntes Schwarzkupfer übergeführt und in gleicher Weise geschmolzen.

Vor allen Metallen ist das Kupfer ausgezeichnet durch seine schöne, morgenrothe Farbe, deren Glanz jedoch an der Luft bald sich trübt, durch beginnende Oxydation, welche übrigens nur auf die Oberfläche sich erstreckt. Erst wenn das Kupfer geglüht wird, bildet sich ein Ueberzug von schwarzem Oxyd auf demselben; bei heller Rothgluth schmilzt es und sein Dampf ertheilt der Flamme eine grüne Farbe. Das Kupfer ist ein vorzüglicher Leiter der Wärme und der Elektricität; es besitzt eine beträchtliche Härte, ist sehr zähe, dehnbar und wird ausgewalzt zu einer Menge von Geräthschaften, namentlich zu Kesseln und Destillirapparaten, verarbeitet. Auch zu Draht ausgezogen und in der Galvanoplastik findet das Kupfer vielfach Anwendung. Mit anderen Metallen bildet es eine Reihe von Legirungen, die den mannigfachsten Zwecken dienen. Wir bemerken: Das Messing, aus 71 Theilen Kupfer und 29 Theilen Zink bestehend, ist hellgelb und wird gewöhnlich zu Gußwerken benutzt; das Rothmessing, auch Tomback oder Similor genannt, aus 85 Kupfer und 15 Zink; in dünne Blättchen geschlagen bildet es das unächte Blattgold, welches zerrieben als unächte Goldfarbe und zum Bronziren benutzt wird. Das Bronze, welches vorzugsweise im Alterthum zu Geräthen und Kunstwerken aller Art verwendet wurde, besteht aus 85 bis 97 Kupfer und aus 15 bis 3 Zinn; das moderne Bronce ist eine Legirung von Kupfer, Zink, Zinn, mit einem kleinen Zusatz von Blei. Das Kanonenmetall enthält 90 Kupfer und 10 Zinn; das Glockenmetall enthält 75 bis 80 Kupfer und 25 bis 20 Zinn; das Neusilber oder Argentan besteht aus 2 Kupfer, 1 Nickel und 1 Zink. Das Münz- und Werksilber und ebenso das umlaufende Gold sind stets Legirungen dieser Metalle mit Kupfer, worauf wir später zurückkommen.

122 **Verbindungen des Kupfers.** Dieselben zeichnen sich durch einen ekelerregenden, metallischen Geschmack aus, den man schon empfindet, wenn man einen Gegenstand von Messing oder Kupfer mit der Zunge berührt. Innerlich wirken sie giftig. Wenn Schwefelsäure und Salzsäure mit Kupfer erhitzt werden, so lösen sie dasselbe auf unter Bildung von Schwefelsaurem Kupferoxyd und Chlorkupfer; dagegen wird es von Salpetersäure selbst in verdünntem Zustande bei gewöhnlicher Temperatur angegriffen; ähnlich verhalten sich Organische Säuren, wenn sie längere Zeit mit Kupfer in Berührung bleiben, weshalb fette und saure Speisen in blankem Kupfergeschirr zwar gekocht, jedoch nicht darin belassen werden dürfen. Bei den nicht selten vorkommenden Vergiftungen durch Kupfer wendet man zunächst Brechmittel und nachher reichliche Mengen von Zuckerwasser an. Die vorherrschenden Farben der Kupferverbindungen sind blau und grün. Blankes Eisen, z. B. eine Messerklinge, das man in eine kupferhaltige Flüssigkeit bringt, erhält nach kurzer Zeit einen rothen Ueberzug von metallischem Kupfer.

Kupferoxyd, CuO, entsteht als schwarze Masse, wenn Kupfer an der Luft geglüht wird; es wird bei der Analyse der organischen Stoffe verwendet. Kupferoxydhydrat, CuO, H_2O, ist ein schön blau gefärbter Niederschlag, der sich bildet, wenn eine Auflösung von Schwefelsaurem Kupferoxyd mit Kali

versetzt wird. Bei gelindem Erhitzen giebt dasselbe jedoch Wasser ab und verwandelt sich in schwarzes Oxyd. Wird das Kupferoxydhydrat mit einem Zusatz von Traubenzucker erwärmt, so wird es zu gelbem Kupferoxydulhydrat reducirt, welches bei fortgesetztem Erwärmen das Hydratwasser abgiebt und in ziegelrothes Kupferoxydul, Cu_2O, übergeht. Letzteres dient zur Herstellung des rubinrothen Glases.

Schwefelsaures Kupferoxyd, $CuO, SO_3 + 5H_2O$, auch Kupfervitriol genannt, ist eins der schönsten Salze, und wird durch Erhitzen des Kupfers mit Schwefelsäure erhalten. Es dient zur Darstellung vieler Kupferpräparate, in der Färberei und Galvanoplastik; auch benutzt man es zum sogenannten Anmachen des Weizens, indem man die zur Aussaat bestimmte Frucht in eine Auflösung jenes Salzes einweicht.

Kohlensaures Kupferoxyd, $2CuO, CO_2 + H_2O$, ist ein blaugrüner Niederschlag, der entsteht, wenn die Auflösung des vorhergehenden Salzes mit Kohlensaurem Natron versetzt wird. Man benutzt es als Farbe. Diese Verbindung bildet sich auch, wenn Kupfer oder Legirungen desselben mit Wasser und Luft in Berührung sind, und wird gewöhnlich Grünspan genannt.

Arsenigsaures Kupferoxyd enthält das schöne, lebhafte Scheel'sche oder Schweinfurter Grün, das jedoch seiner sehr giftigen Eigenschaften wegen ganz außer Anwendung gesetzt zu werden verdient.

Von dem Essigsauren Kupferoxyd oder dem eigentlichen Grünspan wird später die Rede sein.

Blei.

Plumbum; Pb = 207; specif. Gew. = 11,3; Schmelzpunkt = 334° C.

In der Regel findet man das Blei mit Schwefel verbunden als ein grau- 123
weißes, glänzendes Mineral, Bleiglanz genannt. Wenn man dasselbe bei Luftzutritt erhitzt, so findet eine theilweise Oxydation statt, indem Schweflige Säure, Bleioxyd und Schwefelsaures Bleioxyd entstehen, die sich nach Abschluß der Luft beim weitern Erhitzen mit noch unverändertem Schwefelblei zersetzen in Schweflige Säure und metallisches Blei:

(1) $PbO, SO_3 + PbS = 2Pb + 2SO_2$. (2) $2PbO + PbS = 3Pb + SO_2$.

Jedermann kennt dieses dichte, weiche mit dem Messer schneidbare Metall, welches in Platten gewalzt, zu Draht und zu Röhren ausgezogen, sowie zu mancherlei Gußwerk verwendet wird, worunter Kugel und Schrot nicht die wenigst wichtigen sind. Dasselbe dient noch zu manchen Legirungen, deren beim Zinn gedacht worden ist. Das Blei hat nur auf der frischen Schnittfläche einen lebhaften, blaugrauen Metallglanz; dieselbe wird jedoch schnell matt, indem sie sich mit einer Schicht von Bleisuboxyd, Pb_2O, überzieht. Von Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure wird Blei nicht angegriffen; von verdünnter Salpetersäure wird es rasch gelöst. Von reinem Wasser, sowie von solchem, das Kohlensäure oder Chlorverbindungen enthält, wird etwas Blei aufgelöst, während

Quellwasser, das Kalksalze enthält, durch Bleiröhren geleitet nicht bleihaltig wird.

Die Verbindungen des Bleies sind giftig, und erzeugen heftiges Bauchgrimmen, sogenannte Bleikolik, gegen welche schwefelwasserstoffhaltige Quellen gebraucht werden. Mitunter entstehen Bleivergiftungen durch Anwendung bleihaltiger Zinngeschirre, schlecht gebrannter Töpferwaare und Verpackung in Bleifolie, z. B. beim Schnupftaback.

Das Bleioxyd, PbO, auch Glätte oder Silberglätte genannt, entsteht, wenn Blei an der Luft erhitzt wird, was namentlich bei der Gewinnung des Silbers aus silberhaltigen Bleierzen der Fall ist, wo man es daher als Nebenproduct erhält; es ist gelblich, aus glänzenden Blättchen bestehend und dient zur Bereitung der übrigen Bleiverbindungen, insbesondere des Glases, der Glasur sowie von Firnissen und Pflastern. Durch längeres Erhitzen desselben an der Luft bildet sich eine Verbindung von Bleioxyd mit Bleiüberoxyd, PbO_2, die ziegelrothe Mennige, Pb_3O_4, die als Farbe und zu ähnlichen Zwecken, insbesondere zur Glasfabrikation benutzt wird, wie das Oxyd.

Das Kohlensaure Bleioxyd, PbO, CO_2, oder Bleiweiß ist eine der wichtigsten Farben. Man erhält es am einfachsten, wenn Kohlensäure in eine Auflösung von essigsaurem Bleioxyd geleitet wird. Diese weiße Farbe besitzt, in hohem Grade eine Eigenschaft, die man bei den Farben das Decken nennt, weshalb das Bleiweiß in der Regel die Grundlage der meisten übrigen Farben macht. Aechtes Bleiweiß, auch Kremser Weiß genannt, muß sich vollkommen in verdünnter reiner Salpetersäure auflösen.

Das Salpetersaure Bleioxyd, PbO, NO_5, krystallisirt in farblosen, porzellanartigen Octaëdern und ist löslich in Wasser. Schwefelsäure und Salzsäure erzeugen in dessen Lösung weiße Niederschläge, erstere von unlöslichem Schwefelsaurem Bleioxyd, PbO, SO_3, letztere von schwerlöslichem Chlorblei, $PbCl_2$.

Das Chromsaure Bleioxyd findet sich in §. 117 und das Essigsaure Bleioxyd in §. 174 beschrieben.

Schwefelblei, PbS, entsteht als schwarzer Niederschlag beim Einleiten von Schwefelwasserstoffgas in eine Bleilösung.

Zinn.

Stannum; Sn = 118; specif. Gew. = 7,3; Schmelzpunkt = 235° C.

124 Nächst dem Silber ist das Zinn das schönste der weißen Metalle, und wegen seines Glanzes und seiner Unveränderlichkeit an der Luft wird es vielfach zu Tisch- und Kochgeräthschaften angewendet. Man trifft es meist mit Sauerstoff verbunden als sogenannten Zinnstein, der mit Kohle geschmolzen das reine Metall giebt. England, Spanien und Ostindien liefern das beste Zinn; beim Biegen desselben vernimmt man ein knirschendes Geräusch, welches von seinem

krystallinischen Gefüge herrührt. Mitunter ist das Zinn arsenhaltig oder absichtlich mit Blei verfälscht und daher in beiden Fällen gefährlich.

Man verwendet dieses Metall zu Gußwaaren, schlägt daraus das Blattzinn oder Stanniol und das unächte Blattsilber, das auch als Silberfarbe dient, und benutzt es namentlich, um Eisen vor dem zerstörenden Einflusse der Luft zu schützen, indem man Eisenbleche mit Zinn überzieht, oder vielmehr legirt, worauf dasselbe Weißblech genannt wird, und ein höchst werthvolles Material zu tausend Zwecken ist. Auch Kupfergeschirre werden verzinnt und dadurch für Speisen benutzbar, da das Zinn von diesen nicht angegriffen wird. Einiger Zinnlegirungen wurde beim Kupfer gedacht, andere bemerkenswerthe sind:

Das Schnellloth der Spengler aus 2 Zinn und 1 Blei.

Das leichtflüssige Metallgemisch aus 8 Wismuth, 5 Blei, 3 Zinn schmilzt bei 100° C., und das aus 4 Wismuth, 1 Blei, 1 Zinn bei 94° C.

Von den Verbindungen des Zinns bemerken wir:

Das Zinnoxyd, SnO_2, findet sich im Mineralreiche als Zinnstein; es entsteht ferner als weißes, unlösliches Pulver bei der Oxydation des Zinns durch Salpetersäure und enthält in diesem Falle 1 Mol. Wasser, SnO_2, H_2O. Gegen starke Basen verhält sich das Zinnoxyd wie eine Säure und bildet insbesondere mit Natron das Zinnsaure Natron, Na_2O, $SnO_2 + 4\,H_2O$, das unter dem Namen Präparirsalz als Beize beim Kattundruck verwendet wird. Die beim Schmelzen des Metalls an der Luft entstehende und namentlich zur Darstellung des Emails und der Glasur von Fayence benutzte sogenannte Zinnasche ist ein Gemenge von Zinnoxydul mit Oxyd.

Das Chlorzinn, $SnCl_2$, erhält man in farblosen Krystallen, wenn Zinn in Salzsäure gelöst wird; es wirkt in hohem Grade desoxydirend und hat in dieser Eigenschaft sowie als Beizmittel unter dem Namen Zinnsalz eine ausgedehnte Anwendung in der Färberei.

Das Schwefelzinn, SnS_2, das man bereitet, indem Zinnspähne mit Schwefel längere Zeit gelinde erhitzt werden, ist eine goldgelbe, metallglänzende Verbindung, die unter dem Namen Musivgold als Goldfarbe benutzt wird.

Wismuth.

Bismuthum; Bi = 210; specif. Gew. = 9,8; Schmelzpunkt = 264° C.

Dieses weiße, etwas ins Röthliche gehende Metall findet sich gediegen, 125
wird jedoch meist aus dem Wismuthglanz, Bi_2S_3, gewonnen. Es ist weder häufig, noch besitzt es Eigenschaften von erheblicher Bedeutung. Ausgezeichnet ist es durch seine Neigung, bei langsamem Erkalten große rhomboëdrische, fast würfelförmige Krystalle zu bilden. Man benutzt es zu leichtflüssigen Legirungen. Das Oxyd dient als weiße Schminke und hat ebenso wie das Salpetersaure Wismuthoxyd eine untergeordnete Anwendung in der Medicin.

Antimon.

Stibium; Sb = 122; specif. Gew. = 6,7; Schmelzpunkt = 450⁰ C.

126 Wennschon das Antimon gediegen sich findet, so wird es doch hauptsächlich aus einer Verbindung desselben mit Schwefel, dem Grauspiesglanzerz, Sb_2S_3, dargestellt, entweder durch Zusammenschmelzen mit Eisen, wobei eine Umsetzung in Schwefeleisen und Antimon stattfindet, oder man röstet das Erz an der Luft und reducirt das entstehende Antimonoxyd durch Kohle.

Wir begegnen in dem Antimon einem der sprödesten Metalle, denn es läßt sich leicht zu Pulver zerstoßen; es hat eine weiße Farbe, einen feinkörnigen Bruch und ist an der Luft ziemlich unveränderlich; beim Erhitzen verbrennt es zu Antimonoxyd. 1 Thl. Antimon mit 4 Thln. Blei zusammengeschmolzen giebt eine Legirung, aus der man die Lettern der Buchdrucker gießt. Das Britanniametall ist eine Legirung, die 9 bis 15 Proc. Antimon enthält, das Uebrige ist Zinn; dieselbe ist silberweiß, sehr glänzend und dient zu Theekannen, Medaillen u. a. m.

127 **Verbindungen des Antimons.** Dieselben äußern eine sehr ausgesprochene physiologische Wirksamkeit und gehören mit zu den wichtigsten Arzneimitteln. In größerer Gabe wirken sie brechenerregend, giftig, in geringerer schweißtreibend.

Bei ihrer Betrachtung gehen wir aus von dem unter dem Namen Grauspiesglanz vorkommenden Dreifach-Schwefelantimon, Sb_2S_3, da es zur Darstellung aller übrigen Antimonverbindungen dient; dasselbe ist schwarzgrau, glänzend, nadelförmig krystallinisch und giebt ein schwarzes Pulver. Wird letzteres mit Kalilösung und Schwefel gekocht und der filtrirten Lösung Salzsäure hinzugefügt, so entsteht ein orangefarbener Niederschlag von Fünffach-Schwefelantimon, Sb_2S_5, oder sogenanntem Goldschwefel.

Antimonoxyd, Sb_2O_3, mit Gehalt von Schwefelantimon, erhält man als amorphe, glasartige Masse, daher auch Spiesglanzglas genannt, durch Rösten des Spiesglanzerzes; beim Erhitzen von Antimon an der Luft bildet sich Antimonoxyd in Gestalt von nadelförmigen Krystallen und als weißer Niederschlag bei der Zersetzung des Chlorantimons durch Kohlensaures Natron. Dasselbe bildet mit dem Zweifach-Weinsauren Kali ein farbloses, leicht lösliches Doppelsalz, das Weinsaure Antimonoxyd-Kali, gewöhnlich Brechweinstein genannt, eines der gebräuchlichsten Arzneimittel.

Die Antimonsäure, Sb_2O_5, durch Behandeln des Metalls mit Salpetersäure als unlösliches weißes Pulver erhalten, bildet mit Kali ein lösliches, mit Natron aber ein unlösliches Salz und wird daher in der analytischen Chemie zur Unterscheidung und Trennung dieser beiden Alkalien benutzt.

Dreifach-Chlorantimon oder Antimonchlorid, $SbCl_3$, entsteht durch Einwirkung von Chlorgas auf Antimon als butterartige Masse, daher auch Antimonbutter genannt, und wird in der Chirurgie und zum Bruniren des

Eisens verwendet; bei weiterer Behandlung mit Chlor geht diese Verbindung über in Fünffach-Chlorantimon, $SbCl_5$, oder Antimonsuperchlorid.

Das giftige Antimonwasserstoffgas, SbH_3, entwickelt sich, wenn eine Legirung von Antimon und Zink mit Salzsäure versetzt wird.

Uran; U = 120; specif. Gew. 18,4.

Ein seltenes, in dem Uranpecherz enthaltenes, stahlgraues Metall, dessen Oxydul in der Porzellanmalerei als schwarze Farbe dient, während das Oxyd zur Darstellung des grüngelben Uranglases verwendet wird. 128

Quecksilber.

Hydrargyrum; Hg = 200; specif. Gew. = 13,5; Siedepunkt = 350° C.

Mit diesem Metall beginnen wir die Reihe der edlen Metalle, die an der Luft unverändert sich erhalten. 129

Das Quecksilber vereinigt in sich merkwürdige Eigenschaften, denn obgleich es einer der dichtesten Körper ist, haben seine Theilchen doch einen so geringen Zusammenhang, daß sie verschiebbar sind, folglich eine Flüssigkeit bilden. Seiner wichtigen Anwendung beim Barometer und Thermometer ist in der Physik bereits gedacht worden; bei — 40° C. gefriert es.

Aber noch andere Eigenschaften machen es zu wichtigen Anwendungen geschickt. So besitzt es die Fähigkeit, den Zusammenhang der meisten übrigen Metalle aufzuheben, sie aufzulösen und damit flüssige Gemenge darzustellen, die Amalgame genannt werden. Es beruht hierauf seine ausgedehnte Verwendung zur Gewinnung des Silbers und Goldes aus ihren Erzen und zum Vergolden. Eines Amalgams aus Quecksilber und Zinn bedient man sich zum Belegen des Glases, das dadurch zum Spiegel wird. Das Amalgam aus 2 Thln. Quecksilber, 1 Thl. Zinn und 1 Thl. Zink wird bei der Elektrisirmaschine benutzt.

Das Quecksilber findet sich gediegen, häufiger jedoch mit Schwefel verbunden, und wird aus letzterer Verbindung abgeschieden, indem man dieselbe mit Eisenfeile gemengt der Destillation unterwirft. Es wird in Deutschland nur in wenig bedeutender Menge gewonnen, während die Werke von Idria in Krain sehr ergiebig sind. Spanien hat zu Almaden reiche Quecksilberbergwerke. Das meiste Quecksilber kommt aus Südamerika. 1 Pfd. = 1 Thlr.

Verbindungen des Quecksilbers. Dieselben sind größtentheils starke Gifte, wie denn die Dämpfe des Metalls an und für sich schon höchst schädlich sind und Speichelfluß veranlassen. In geringen Gaben werden jedoch mehrere Quecksilberpräparate als wirksame Arzneimittel angewendet. 130

Von Salpetersäure wird das Quecksilber lebhaft angegriffen und es bildet sich in der Kälte bei Ueberschuß an Metall das Salpetersaure Queck-

silberoxydul, Hg_2O, NO_5; in der Hitze bei Ueberschuß an Säure das salpetersaure Quecksilberoxyd, HgO, NO_5, beides farblose, lösliche Salze. Wird eins derselben stark erhitzt, so zersetzt es sich und man erhält Quecksilberoxyd, HgO, als ziegelrothes, glänzendes Pulver; es wird zur Darstellung des Sauerstoffs und in der Medicin zu Augensalben angewendet.

Das Quecksilberoxyd löst sich in wässeriger Cyanwasserstoffsäure (Blausäure) und aus der Lösung krystallisirt farbloses Cyanquecksilber, $HgCy_2$. Eine Lösung von Schwefelcyankalium giebt mit Salpetersaurem Quecksilberoxyd einen weißen Niederschlag von Schwefelcyanquecksilber oder Rhodanquecksilber, $HgCy_2S_2$, das sich beim Erhitzen zu einer gelbgrauen, äußerst voluminösen, wurmförmigen Masse aufbläht, der sogenannten Pharaonsschlange.

Das Zweifach-Chlorquecksilber, $HgCl_2$, hat auch den Namen Sublimat, da es durch Sublimation eines Gemenges von Kochsalz mit Schwefelsaurem Quecksilberoxyd dargestellt wird. Diese Verbindung ist farblos, krystallisirbar und erweist sich als eins der stärksten Gifte, sowohl gegen das Thier- als gegen das Pflanzenleben. Seine Auflösung dient daher, um Bauholz gegen die Verbreitung eines Schwammgebildes zu schützen, das im Holzwerk oft ungeheuren Schaden anrichtet. Dieses Verfahren wird nach dessen Erfinder Kyanisirung genannt. In der Medicin wird es meist äußerlich gegen Hautübel angewendet.

Wird das Zweifach-Chlorquecksilber mit Quecksilber vermengt und sublimirt, so erhält man das farblos krystallinische Einfach-Chlorquecksilber, $HgCl$, oder Kalomel, eins der am häufigsten angewendeten Arzneimittel.

Des Schwefelquecksilbers, HgS, oder Zinnobers ist bereits mehrfach gedacht worden. Obgleich es in der Natur gebildet vorkommt, so wird diese schöne hochrothe Farbe dennoch künstlich dargestellt, indem 1 Thl. Schwefel mit 6 Thln. Metall gemengt, sublimirt und die erhaltene Masse nachher aufs Feinste zerrieben wird. Vorzüglich schönen Zinnober bereiten die Chinesen.

Silber.

Argentum; Ag 108; specif. Gew. 10.

131 Das Silber ist, wenn auch nicht das kostbarste, doch das freundlichste aller Metalle, und Jedermann liebt seinen hellen Blick an Geschirr und mannigfachem Zierrath, wozu es vielfach verwendet wird, denn es ist sehr weiß und dehnbar, so daß es sich zu schönen Kunstarbeiten treiben und in äußerst feine Fäden ziehen läßt. 1 Gramm Silber liefert einen Faden von 2600 Meter Länge. Das Silber ist der beste Leiter für Wärme und Elektricität; an der Luft behält es seinen Glanz unverändert; nur von Schwefelwasserstoff wird es getrübt und geschwärzt. Es hat den weitern Vorzug, daß Speisen keine Einwirkung auf silberne Speisegeräthe äußern. Selbst Schwefelsäure und Salzsäure greifen das Silber in der Kälte nicht an; dagegen wird es von Salpetersäure rasch aufgelöst. Bei

1000° schmilzt das Silber und in der stärksten Hitze des Knallgasgebläses verwandelt es sich in hellblauen Dampf und destillirt über.

Das Silber finden sich gediegen, am häufigsten jedoch mit Blei legirt in silberhaltigen Bleierzen. Aus diesen wird es in der Weise dargestellt, daß sie auf dem Treibheerde bei Zutritt der Luft erhitzt werden, wobei das Blei in Oxyd oder sogenannte Silberglätte übergeht, während das Silber als reines Metall zurückbleibt. Arme Erze, welche das Silber unsichtbar fein in ihrer Gesteinmasse zertheilt enthalten, werden zu Pulver gemahlen, welches man mit einem Zusatz von Quecksilber in Fässer bringt, die man längere Zeit in Umdrehung versetzt. Das Silber wird vom Quecksilber aufgenommen und das durch Abschlämmen gesammelte Amalgam der Destillation unterworfen, wobei Silber zurückbleibt. Enthielten jene Erze jedoch gleichzeitig Schwefelsilber, so wird dieses durch das sehr verwickelte sogenannte Amalgamationsverfahren nach und nach in Chlorsilber, Silber und Amalgam übergeführt.

Die verbreitetste Anwendung des Silbers ist die zu Münzen. Da reines Metall zu weich ist, folglich im Verkehre allzuschnell sich abnutzen würde, so erhält das Münzsilber stets einen Zusatz von Kupfer, wodurch es härter wird. Das Verhältniß des Kupfergehaltes zum Silber wird in der Weise ausgedrückt, daß man von einer bestimmten Gewichtsheit vollkommen reinen Silbers oder sogenanntem Feinsilber ausgeht. Eine solche Einheit ist die Mark, welche 16 Loth oder 233,85 Gramm wiegt. Man nennt ein Silber 16löthig, wenn in einer Mark oder 16 Loth desselben 16 Loth Feinsilber enthalten sind, 15löthig, wenn in 16 Loth desselben 15 Loth Feinsilber und 1 Loth Kupfer enthalten sind, 13löthig, wenn in 16 Loth nur 13 Loth Silber und 3 Loth Kupfer enthalten sind u. s. w. Der Silbergehalt des Werksilbers, aus welchem Silbergeschirre gearbeitet werden, ist gesetzlich bestimmt; in Berlin wird 12löthiges Silber verarbeitet, in Süddeutschland 13löthiges, in Frankreich 14,5löthiges.

Den Werth und Gehalt der Münzsorten bezeichnete man bisher dadurch, daß angegeben wurde, wie viel Stücke einer gewissen Münzsorte aus einer Mark Feinsilber geprägt werden. Oesterreich prägte aus der feinen Mark 20 Gulden; die süddeutschen Staaten prägten daraus $24^1/_2$ Gulden und die norddeutschen 14 Thlr. Demnach mußten je 20 Gulden österreichisch und $24^1/_2$ Gulden des Münzvereins und 14 Thaler preußisch je eine Mark Feinsilber enthalten und ihr Silberwerth daher einander gleich sein. Nach den nunmehr geltenden Vereinbarungen ist als Einheit 1 Pfund Feinsilber zu 500 Gramm angenommen worden. Dasselbe bekommt einen Zusatz von $^1/_{10}$ Kupfer, was für 1 Pfund Feinsilber 55,5 Gramm beträgt. Man erhält hierdurch 555,5 Gramm Münzsilber und prägt daraus: 30 Thlr., $52^1/_2$ süddeutsche Guldenstücke; 45 österreichische Guldenstücke; $22^1/_2$ Fünffrankthaler.

Es muß demnach wiegen: 1 Thaler 18,518 Gramm; 1 Gulden 10,582 Gramm; 1 österreichischer Gulden 12,345 Gramm; 1 Fünffrankthaler 24,690 Gramm. In 1 Thaler sind 16,666 Gramm Silber enthalten.

Das Silber vorstehender Münzen ist 14,4löthig; die älteren preußischen

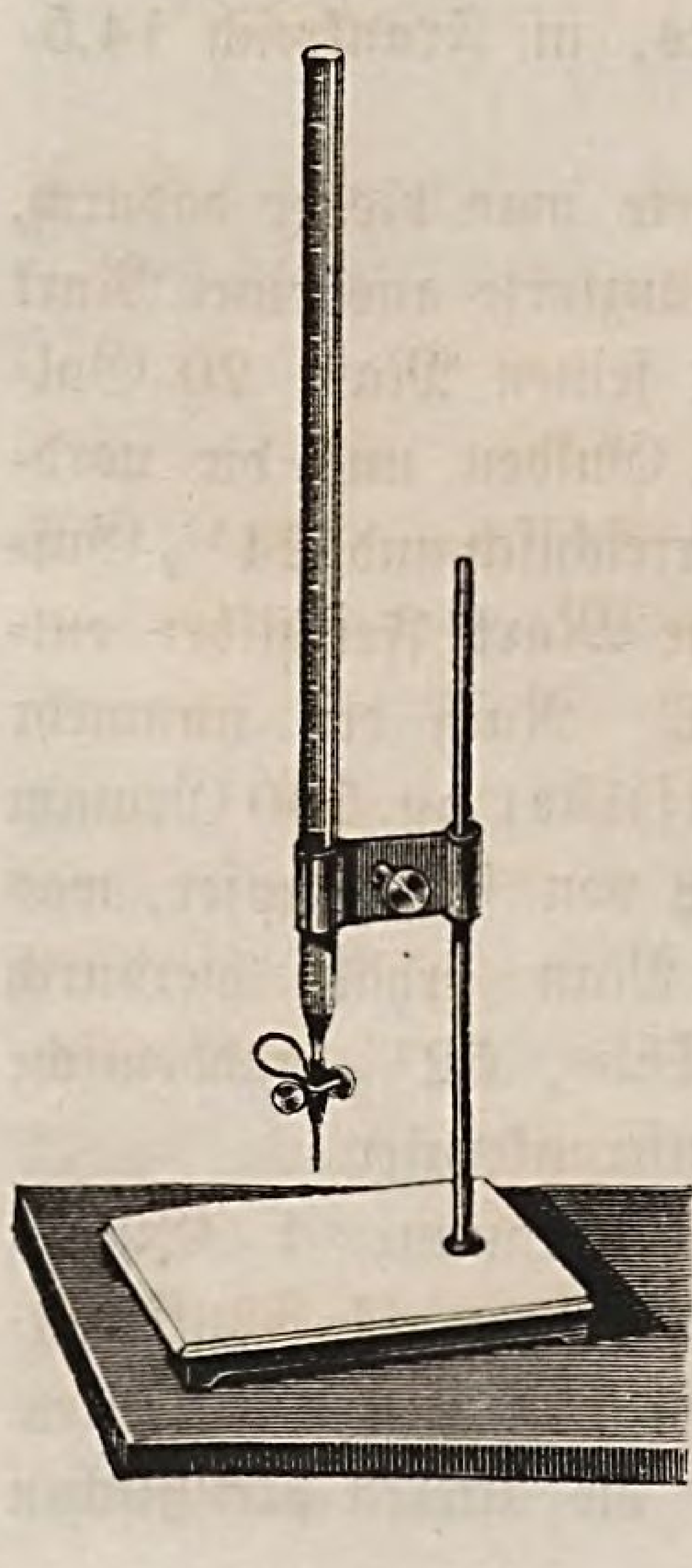
Thaler wurden aus 12löthigem Silber geschlagen und es wiegt ein solcher 21,9 Gramm.

Unter dem Münzfuß eines Landes versteht man das Verhältniß der Anzahl der daselbst geprägten groben Geldstücke zur Münzeinheit, also früher zur Mark, jetzt zu einem Pfund Feinsilber. Sage ich z. B. Oesterreich hat den 45Guldenfuß, so heißt dies, man prägt dort aus 1 Pfund Feinsilber 45 ganze Guldenstücke.

Zur Scheidemünze erhält das Silber jedoch einen stärkern Zusatz von Kupfer, weil diese der Abnutzung mehr ausgesetzt ist. Da die Anfertigung dieser kleinern Münze verhältnißmäßig mehr kostet als die der groben, so wird sie in geringerm Werthe ausgeprägt. Aus 1 Pfund Feinsilber werden z. B. 30 ganze Thalerstücke geschlagen, aber für $34\frac{1}{2}$ Thlr. Scheidemünze. Folglich enthalten 30 Thaler, die mit letzterer bezahlt werden, nicht 1 Pfd. Feinsilber; ihr Nennwerth ist daher größer als ihr eigentlicher Silberwerth. Aus diesem Grunde werden große Zahlungen niemals in Scheidemünze, sondern nur in grobem Gelde angenommen.

Die Prüfung des Silbers auf seinen Feingehalt geschieht entweder annähernd, indem man damit einen Strich auf einen harten schwarzen Stein (Probirstein) macht und die Farbe des Strichs mit dem Strich eines Silbers von bekanntem Gehalte vergleicht, wozu man 16 sogenannte Probirnadeln von 1- bis 16löthigem Silber hat. Oder man schmilzt eine gewogene Probe mit Blei zusammen, und erhitzt die Legirung in einem porösen Tiegel, in welchen alsdann Blei und Kupfer sich hineinziehen, während ein reines Silberkorn zurückbleibt. Am genauesten ist jedoch die sogenannte nasse Probe, welche darin besteht, daß man von dem zu untersuchenden Silber etwas in Salpetersäure auflöst, und durch Chlornatrium das Silber als unlösliches Chlorsilber niederschlägt, während Kupfer aufgelöst bleibt. Man bedient sich hierzu einer titrirten Kochsalzlösung, von der 100 Kubikcentimeter genau 1 Gramm Silber zu fällen vermögen. Zu diesem Zwecke löst man 5,416 Gramm Kochsalz in 1000 Kubikcentimeter Wasser auf. Von der zu untersuchenden Silberlegirung wird 1 Gramm in Salpetersäure aufgelöst, mit Vorsicht nach und nach von der im Tropfglas, Fig. 53, abgemessenen Kochsalzlösung so lange zugesetzt, bis kein Niederschlag mehr entsteht. Die Anzahl der hierzu verbrauchten Kubikcentimeter der Lösung giebt den Silbergehalt der Legirung in Procenten an.

Fig. 53.



132 Von den Verbindungen des Silbers bemerken wir das Salpetersaure Silberoxyd, Ag_2O, N_2O_5, das man in farblosen Krystallen durch Auflösung des reinen Silbers in Salpetersäure erhält. Diese Verbindung ist giftig, ätzend und zerstört leicht

thierische Gebilde, weshalb sie in der Heilkunde unter dem Namen von Höllenstein äußerlich angewendet wird. Dabei färbt ihre Auflösung organische Stoffe nach einiger Zeit schwarz, so daß man dieselbe als sogenannte unauslöschliche Tinte zum Bezeichnen des Weißzeugs benutzt, welche dem Waschen und Bleichen vollkommen widersteht, durch Cyankalium jedoch leicht wieder ausgelöscht werden kann. Das Salpetersaure Silberoxyd wird in der Photographie verwendet und dieser Verbrauch ist so bedeutend, daß jährlich mehrere hundert Centner Silber in jenes Salz verwandelt und für immer dem Verkehr entzogen werden.

Chlorsilber, AgCl, entsteht, wenn zu Silberlösung Chlor oder eine chlorhaltige Verbindung gebracht wird, in Gestalt eines weißen, käsigen Niederschlags; es ist unlöslich in Säuren, löslich in Ammoniak, Chlornatrium und Unterschwefligsaurem Natron. Im Sonnenlicht färbt sich das Chlorsilber rasch violett bis schwarz, indem es theilweise sich zersetzt in Chlor- und Halbchlorsilber, Ag_2Cl. Bei geringer Hitze schmilzt das Chlorsilber zu einer hornartigen Masse (Hornsilber).

Jodsilber und Bromsilber bilden sich unter ähnlichen Verhältnissen, sowie wenn Silber den Dämpfen von Jod oder Brom ausgesetzt wird; beide zeigen eine noch größere Empfindlichkeit gegen Licht und es beruht hierauf das photographische Verfahren.

Gold.

Aurum; Au = 197; specif. Gew. = 19,3; Schmelzpunkt: 1200° C.

Das gleißende Gold ist das prachtvollste aller Metalle und schon von 133
den Alten die Sonne oder der König der Metalle genannt worden. Es findet sich ziemlich verbreitet, jedoch niemals in großen Massen, und ist kostbarer als die übrigen Metalle. Am häufigsten ist es in Südamerika (Californien), in Australien (Bathurst), Ostindien, Afrika, Ungarn und am Ural. In der Regel trifft man das Gold gediegen, theils in größeren Stücken, theils in kleinen Körnchen in anderm Gestein eingesprengt. Aus der Verwitterung dieser entsteht der goldhaltige Sand, den viele Flüsse, z. B. auch der Rhein, führen, und aus welchem das Gold wegen seiner großen Dichte ausgewaschen werden kann. Aus armen Erzen wird es meistens dadurch ausgezogen, daß man dieselben mit Quecksilber schüttelt, welches das Gold auflöst. Beim nachherigen Erhitzen des Amalgams destillirt das Quecksilber, während Gold zurückbleibt.

Von den ausgezeichneten Eigenschaften des Goldes ist seine außerordentliche Dehnbarkeit hervorzuheben, denn man kann es zu so dünnen Blättchen schlagen, daß dieselben grünes Licht durchlassen. Daher werden viele Gegenstände vergoldet, indem man sie mit solchem Blattgold belegt, wie z. B. die Rahmen und Leisten für Bilder, oder indem metallene Gegenstände mit einer Auflösung von Gold in Quecksilber bestrichen und nachher erhitzt werden, damit das letztere Metall sich verflüchtigt (Feuervergoldung), oder endlich auf galvanischem Wege (§. 140).

In chemischer Beziehung ist zu bemerken, daß das Gold von keiner einzigen Säure angegriffen wird. Auch Schwefelwasserstoff ist ohne Einwirkung auf dasselbe. Dagegen wird es von freiem Chlor aufgelöst, und man bedient sich deshalb eines Gemenges von Salpetersäure und Salzsäure unter dem Namen des Königswassers zur Auflösung des Goldes. Die dabei entstehende Lösung enthält Dreifach-Chlorgold, $AuCl_3$; sie hat eine gelbe Farbe und ertheilt der Haut und organischen Geweben eine Purpurfarbe.

Wird eine Lösung von Chlorgold mit schwefelsaurem Eisenoxydul versetzt, so fällt alles Gold metallisch als braunes Pulver nieder.

Durch Vermischung der Lösungen von Chlorgold und Chlorzinn erhält man einen Niederschlag, den sogenannten Goldpurpur von Cassius, welcher auf Glas und Porzellan geschmolzen prachtvolle Purpurfarben liefert.

Ein Zusatz von Ammoniak zur Lösung von Chlorgold bewirkt einen aus Goldoxyd und Ammoniak bestehenden Niederschlag, der getrocknet leicht und lebhaft explodirt und daher Knallgold genannt wird.

Da dieses Metall ziemlich weich und sehr kostbar ist, so wird es niemals in reinem Zustande, sondern stets mit Zusatz von Kupfer oder Silber verarbeitet. Eine Mark feines Gold wird in 24 Karat getheilt, und 24karatiges Gold ist reines Gold; das 23karatige hat 23 Karat Feingold und 1 Karat Zusatz u. s. w. Die holländischen und österreichischen Ducaten werden aus 23karatigem, die französischen und preußischen Goldmünzen aus 21¾karatigem gemacht. Zu Gegenständen des Schmuckes wird Gold von viel geringerm Gehalte genommen. Das Werthverhältniß von Gold zu Silber ist ungefähr wie 1 : 15,3 bis 1 : 15,5.

Platin.

Pt = 197. Specif. Gew. = 21.

134 Dieses Metall ist erst nach der Entdeckung Amerikas bekannt geworden, aus dessen südlichem Theile es ausschließlich zu uns kam, bis es in diesem Jahrhundert auch am Ural entdeckt wurde. Es findet sich immer gediegen in größeren und kleineren Körnern und stets begleitet von Eisen und den sogenannten Platinmetallen, Palladium, Rhodium, Iridium und Osmium, welche dem Platin sehr ähnlich sind. Dasselbe hat eine weiße, ins Graue gehende Farbe, ist ziemlich weich und sehr dehnbar. Gleich dem Golde wird es nur von Chlor angegriffen, und es ist daher nur in Königswasser löslich. Vor jenem hat es jedoch den Vorzug, daß es erst in den stärksten Hitzegraden schmelzbar ist. Diese Eigenschaften verleihen dem Platin großen Werth zu manchen chemischen Geräthschaften, als Tiegeln, Schalen, und wir haben gesehen, daß man selbst Destillirgefäße aus diesem Metalle verfertigt, dessen Werth ungefähr 9 Gulden für ein Loth beträgt. In Rußland wurde es früher zu Münzen ausgeprägt.

Zur Gewinnung des Platins wird das Erz in einem Kalktiegel durch die Knallgasflamme eingeschmolzen, wo die beigemengten Metalle theils sich verflüchtigen, theils von der Tiegelmasse aufgesaugt werden. Das also dargestellte Platin ist jedoch stets iridium- und rhodiumhaltig. Reiner erhält man es nach einer ältern Methode, nach welcher das rohe Erz oder unbrauchbar gewordene Platingeräthe in Königswasser aufgelöst und mit Salmiaklösung versetzt werden; es entsteht ein gelber Niederschlag von Chlorplatinammonium, $PtCl_4 + 2NH_4Cl$, gewöhnlich Platinsalmiak genannt. Dasselbe zersetzt sich beim Glühen und hinterläßt das Platin in Gestalt einer grauen, feinpulverigen, schwammigen Masse, daher Platinschwamm genannt. Letzterer erhält durch starkes Pressen und Erhitzen bis zum Weißglühen Zusammenhang und Schmiedbarkeit. Der Platinschwamm besitzt die merkwürdige Eigenschaft, Gase in seinen Zwischenräumen zu verdichten; eine Folge hiervon ist seine Fähigkeit, Wasserstoffgas zu entzünden, welches auf denselben geleitet wird, wovon man früher bei Zündmaschinen Anwendung machte. Ein noch größeres Verdichtungsvermögen besitzt jedoch das Platinschwarz (Platinmohr), höchst fein vertheiltes Platin von sammtschwarzer Farbe, das entsteht, wenn eine Lösung von Chlorplatin und Kali unter Zusatz von Traubenzucker oder Alkohol gekocht wird.

Das durch Auflösung des Platins in Königswasser entstehende Vierfach-Chlorplatin, $PtCl_4$, bildet mit den Alkalien Doppelchlorüre, unter welchen sich das Kaliumplatinchlorid, $PtCl_4 + 2KCl$, durch seine Schwerlöslichkeit auszeichnet.

Elektrochemische Erscheinungen.

Wenn ein elektrischer Strom durch irgend eine flüssige chemische Verbindung geleitet wird, so findet eine Zersetzung der letzteren Statt, vorausgesetzt, daß der Strom hinreichend stark ist und daß die beiden Drähte, durch welche der Strom ein- und austritt, in angemessener Entfernung von einander sich befinden. Die durch Reibung hervorgerufene Elektricität äußert diese zersetzende Wirkung nur in sehr geringem Grade; dagegen bringen die Ströme, welche sowohl durch Berührung als auch auf elektromagnetischem Wege hervorgerufen werden, eine kräftig zersetzende Wirkung hervor. In der Regel wendet man den galvanischen Strom zur chemischen Zersetzung an und nennt dieselbe dann Elektrolyse. Nur sehr wenige chemische Verbindungen widerstehen vollständig dem zersetzenden Einflusse des elektrischen Stromes; es sind dieses solche, welchen die Leitungsfähigkeit für denselben abgeht, wie z. B. Alkohol und Oel. 135

Höchst merkwürdig ist es, daß bei der Elektrolyse der eine Bestandtheil

der chemischen Verbindung stets an den positiven Pol, der andere an den negativen Pol sich begiebt. Man nennt jenen ersten den elektronegativen, den letztern den elektropositiven Bestandtheil der Verbindung. Es findet hier offenbar eine Anziehung ihrer Elemente von Seiten der Poldrähte Statt und wenn diese von solcher Art sind, daß sie mit den ausgeschiedenen Körpern sich verbinden können, so geschieht dieses. Bestehen z. B. die Drähte aus Kupfer und es wird an einem demselben Sauerstoff ausgeschieden, so verbindet sich dieser mit dem Kupfer zu Kupferoxyd. Der elektrische Strom wirkt also nicht nur zersetzend, sondern er ist auch geeignet, chemische Verbindungen zu veranlassen. In der Regel verwendet man daher Leitungsdrähte von Platin, weil dieses nur von wenigen Stoffen angegriffen wird.

Als elektrolytisches Gesetz ist zu bemerken, daß gleiche Mengen von Elektricität stets gleiche und entsprechende Mengen einer chemischen Verbindung zersetzen; daß die Zersetzung nach den Verhältnissen der chemischen Aequivalente stattfindet und für je ein Aequivalent Zink, das bei der Erregung eines Stromes aufgelöst wird, ein Aequivalent von Wasser oder einer andern Verbindung zersetzt wird.

136 Zu elektrolytischen Versuchen wendet man in der Regel die aus Kohle und Zink hergestellten galvanischen Elemente von Bunsen an, deren mehrere zu einer Kette vereinigt werden (Physik §. 234). Durch leitende Drähte verbindet man dieselbe mit dem Zersetzungsapparat. Fig. 54 zeigt einen solchen, der zur Zersetzung des Wassers dient. Der Strom tritt unten durch zwei Drähte ein, welche sich in kleine Platten von Platin endigen. Am positiven Pol entwickelt sich Sauerstoffgas; am negativen das Wasserstoffgas in den entsprechenden Raumverhältnissen von 1 zu 2. Der auf elektrolytischem Wege dargestellte Sauerstoff ist ozonisirt.

Fig. 54.

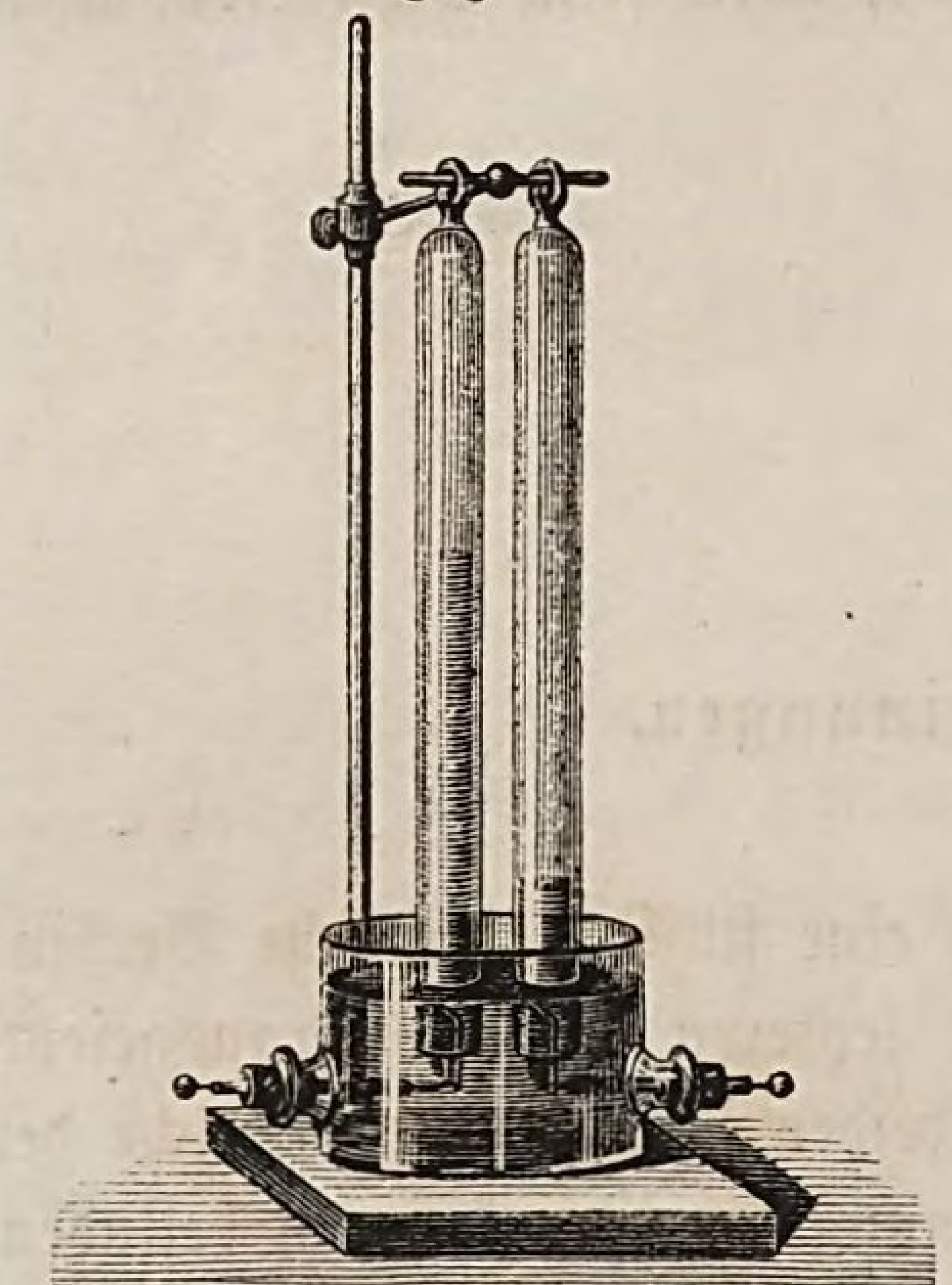
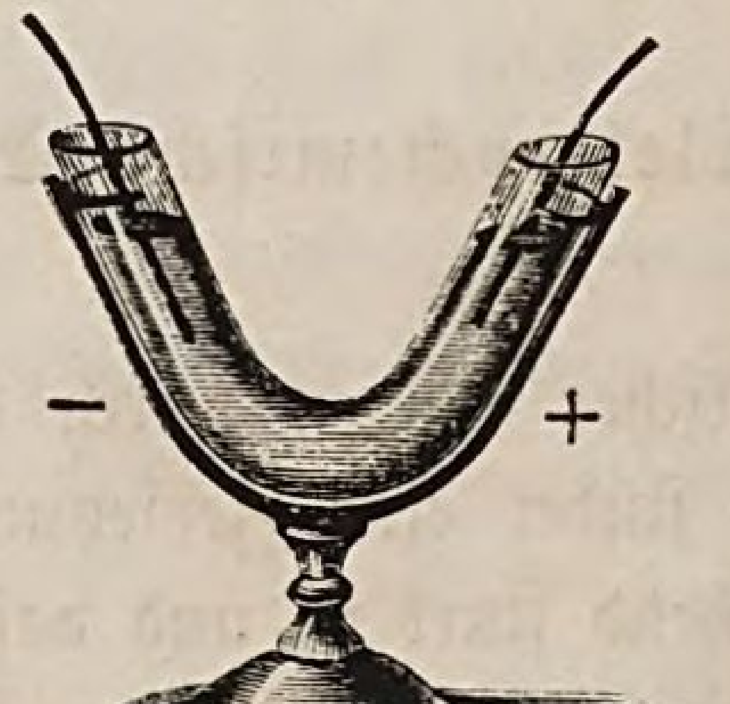


Fig. 55.



Die Salze der Alkalien werden in der Weise zersetzt, daß die Säure nach dem positiven, die Base an den negativen Pol sich begiebt. Bringt man daher in die zweischenklige Glasröhre, Fig. 55, eine Auflösung von Schwefelsaurem Natron, Na_2O, SO_3, die durch etwas Saft von Veilchen oder Rothkraut blau gefärbt ist, und leitet alsdann mittelst der beiden Drähte einen Strom durch dasselbe, so begiebt sich die Schwefelsäure an den positiven Pol und färbt in diesem Schenkel die Flüssigkeit roth, während sie im andern von dem frei gewordenen Natron grün gefärbt wird. Sobald man den Strom unterbricht, verbindet sich die

Säure wieder mit der Base, und die hierdurch neutral werdende Flüssigkeit erscheint wieder blau.

Die Salze der schweren Metalle werden von dem galvanischen Strome so zerlegt, daß am — Pol das Metall ausgeschieden wird, während der Sauerstoff und die Säure, oder der Salzbilder, z. B. Chlor oder Cyan, an den + Pol sich begeben.

Von den uns bekannt gewordenen einfachen Stoffen wird der Sauerstoff unter allen Umständen am positiven Pol ausgeschieden; das Kalium am negativen Pol; ersterer ist daher das elektronegativste, letzteres das elektropositivste aller Elemente. Die übrigen treten bald an dem einen, bald an dem andern Pol auf. In der folgenden, sogenannten elektrischen Reihe sind dieselben in der Weise geordnet, daß jeder Stoff sich zu dem ihm nachfolgenden elektronegativ verhält, zu den vorhergehenden aber elektropositiv. So z. B. wird das Chlor aus seiner Verbindung mit Sauerstoff am — Pol ausgeschieden; aus seinen Verbindungen mit dem Wasserstoff oder mit den Metallen am + Pol. Diejenigen Stoffe, welche in der elektrischen Reihe am weitesten von einander stehen, haben stärkere gegenseitige Verwandtschaften als die nahe auf einander folgenden. 137

Elektrische Reihe der einfachen Stoffe: — Sauerstoff, Schwefel, Stickstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Phosphor, Arsen, Kohle, Chrom, Bor, Antimon, Silicium, Gold, Platin, Quecksilber, Silber, Kupfer, Wismuth, Blei, Kobalt, Nickel, Eisen, Zink, Wasserstoff, Mangan, Aluminium, Calcium, Strontium, Barium, Natrium, Kalium +.

Gestützt auf diese Thatsachen war die Ansicht aufgestellt worden, daß die chemische Verwandtschaft ihren Grund in dem elektrischen Zustande und Verhalten der einfachen Stoffe habe. Da sich jedoch viele chemische Erscheinungen durch diese elektrochemische Theorie nicht erklären lassen, so konnte dieselbe ihre Geltung nicht behaupten.

Die Galvanoplastik ist eine praktische Anwendung der chemischen Zersetzung durch den elektrischen Strom. Wenn man von einem plastischen Gegenstande, z. B. von einer Münze, eine metallische Nachbildung zu erhalten wünscht, so erreicht man dieses auf folgende Weise: Ein cylindrisches Glas mit umgebogenem Rande, dessen Boden man abgesprengt und dessen Oeffnung man mit feuchter Blase überbunden hat, wird, wie Fig. 56 (a. f. S.) zeigt, mit einer Fassung von Draht umgeben; ferner wird ein etwa zollbreites und 5 Zoll langes Zinkblech an ein 10 Zoll langes Kupferblech gelöthet und letzteres, wie an Fig. 57 ersichtlich, gebogen. Auf den untern, horizontalen Theil legt man die Münze, bringt alsdann das Zink in den Cylinder, der mit verdünnter Schwefelsäure (aus 1 Thl. Säure und 16 Thln. Wasser) nahezu angefüllt wird. Diese ganze Vorrichtung hängt man nun in ein Trinkglas, Fig. 58, das eine gesättigte Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd, CuO, SO_3, enthält, welcher überdies noch einige Krystalle dieses Salzes hinzugefügt worden sind. Zu bemerken ist, daß diejenigen Theile des eingetauchten Kupfers und 138

der Münze, von welchen kein Abbild gewünscht wird, vorher mit Firniß oder Wachs überzogen werden.

Die Blase verhindert eine rasche Vermischung der beiden Flüssigkeiten, aber sie gestattet dem galvanischen Strome, der durch die Berührung der beiden Me-

Fig. 56.

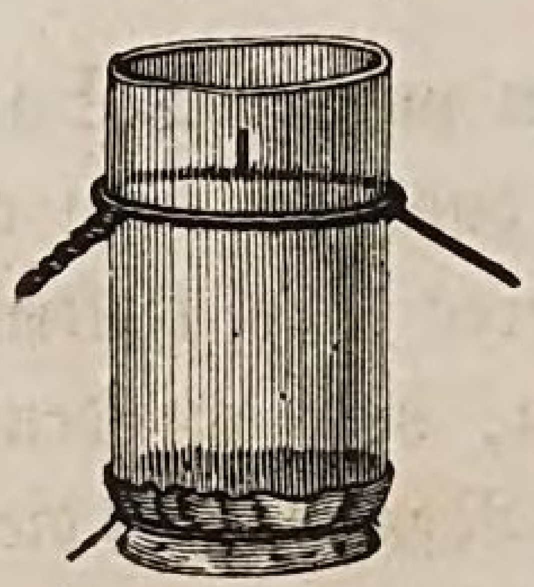


Fig. 57.

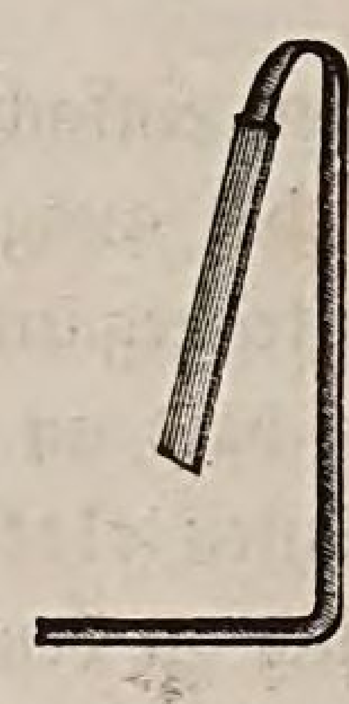
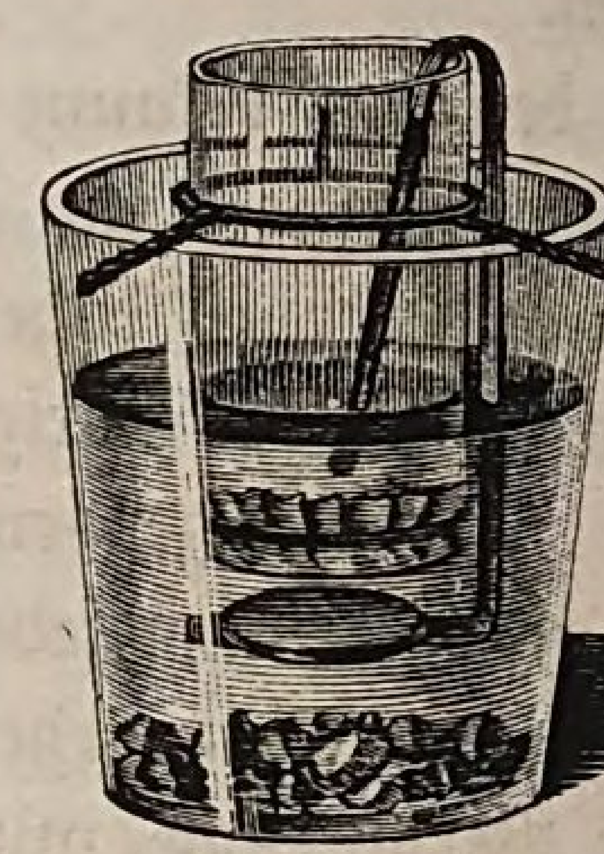


Fig. 58.



talle und die Einwirkung der Schwefelsäure hervorgerufen ist, den Durchgang. Alsbald überzieht sich die Münze, welche den negativen Pol des Apparates bildet, mit einem leichten Hauch von metallischem Kupfer, der sich fortwährend verdickt und nach einigen Tagen die Stärke eines Kartenblattes erreicht hat und abgenommen werden kann. In entsprechendem Verhältniß wird in dem Cylinder Zink aufgelöst, und in dem Maaße, als das Kupfersalz zersetzt wird, lösen sich die beigefügten Krystalle auf, so daß die Lösung stets gesättigt bleibt.

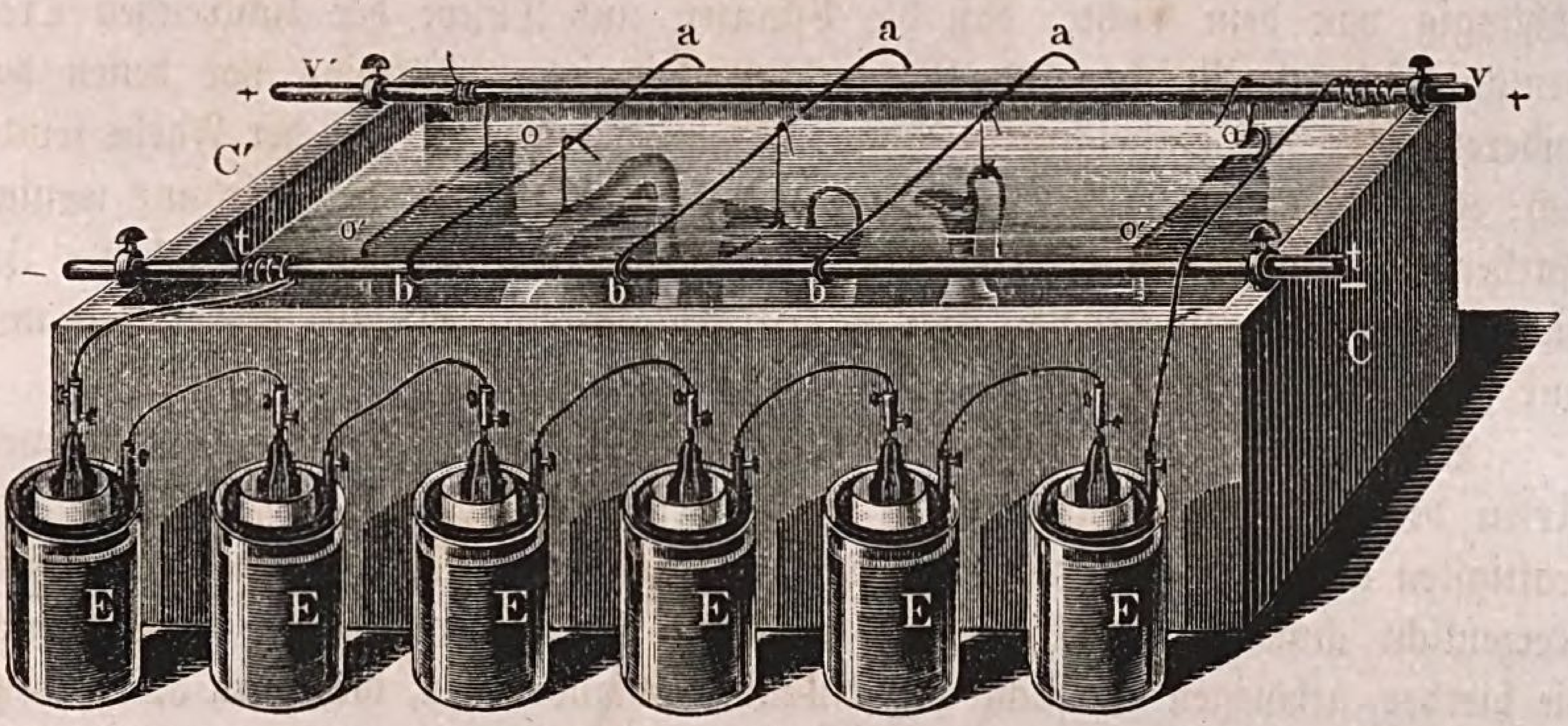
Zu größeren galvanoplastischen Werken wendet man jedoch galvanische Ketten an und leitet den Strom durch Drähte in die Zersetzungszelle. Der Gegenstand, auf welchem der metallische Niederschlag sich ablagern soll, muß ein Leiter der Elektricität sein; allein es lassen sich auch Formen benutzen, die aus einem Nichtleiter bestehen, wie z. B. Abdrücke und Abgüsse aus Wachs, Guttapercha, Stearin, Gyps u. a. m., wenn man ihre Oberfläche leitungsfähig gemacht hat durch einen Ueberzug von feinem Metallstaub (Bronze) oder von Graphit.

Die Galvanoplastik hat eine ausgebreitete Anwendung in den Künsten gefunden, zur Darstellung plastischer Kunstwerke, von welchen die in Frankfurt aufgestellten Standbilder von Gutenberg, Fust und Schöffer zu den bedeutendsten gehören; ferner zur Herstellung von Platten für den Kupferstich und zur Vervielfältigung von Kupferstichplatten und von Holzstichen.

139 Zur galvanischen Vergoldung bringt man den Gegenstand, der aus einem beliebigen Metalle, am häufigsten aus Kupfer, Messing, Bronze oder Silber besteht und aufs Sorgfältigste gereinigt worden ist, in eine Auflösung aus 1 Thl. Chlorgold und 10 Thln. Cyankalium in 100 Thln. Wasser und verbindet denselben mit dem negativen Pol einer galvanischen Kette. Von dem positiven Pol derselben geht ebenfalls ein Draht in die Flüssigkeit und endigt in ein Stück Goldblech; die Zuleitungsdrähte müssen, so weit sie in die Lösung eintauchen, von Gold oder stark vergoldet sein. So viel Gold sich niederschlägt, so viel wird vom Goldblech wieder aufgelöst, wodurch der Gehalt der Lösung sich gleich bleibt.

Die galvanische Versilberung geschieht in ganz entsprechender Weise, **140**
indem eine Auflösung von 1 Thl. Cyansilber, 10 Thln. Cyankalium in 100 Thln. Wasser als Bad dient und Leitungsdrähte und Blech von Silber verwendet werden; die versilberten Gegenstände kommen mattweiß aus dem Bad und müssen nachträglich polirt werden. Fig. 59 zeigt die für galvanische Vergoldung

Fig. 59.



oder Versilberung zu treffende Einrichtung; *oo′* sind, je nach dem vorliegenden Zweck, die Ersatz gebenden Bleche von Gold oder Silber. Unter ähnlicher Einwirkung des galvanischen Stroms werden Kupferplatten für den Kupferstecher mit einem Ueberzug von Eisen versehen (sogenannte Verstahlung), wenn man sich eines Bades aus 2 Thln. Schwefelsaurem Eisenoxydul, 1 Thl. Salmiak und 8 Thln. Wasser bedient. Die Platten erhalten hierdurch die Dauerhaftigkeit von Stahlplatten.

Chemische Wirkungen des Lichtes.

Die Sonne ist nicht nur die große Leuchte unseres Planetensystems, son- **141**
dern das von ihr ausstrahlende Licht ist auch durch seine chemischen Wirkungen vom größten Einfluß. Eine Reihe der wichtigsten chemischen Processe findet nicht Statt ohne Mitwirkung des Sonnenlichtes. Die Art seiner Einwirkung ist sehr verschieden. In gewissen Fällen bewirkt es einfach die Verbindung der Stoffe. Ein Gemenge von Chlor und Wasserstoff verbindet sich augenblicklich, wenn es vom directen Sonnenlichte getroffen wird. In anderen Fällen findet nur eine Zersetzung Statt; Salpetersäure zersetzt sich unter seinem Einfluß in Sauerstoff und Salpetrige Säure; Salpetersaures Silberoxyd zerlegt sich in amorphes und deshalb schwarzes metallisches Silber, während die Bestandtheile der Säuren als Gase entweichen. In der Regel treten jedoch unter dem Ein-

fluß des Lichtes Zersetzung und Verbindung gleichzeitig ein. Chlor mit Wasser zersetzt sich in Chlorwasserstoff und Sauerstoff: $Cl_2 + H_2O = Cl_2H_2 + O$.

In großen Verhältnissen macht sich der Einfluß des Lichtes bei mehreren Erscheinungen im Gebiete der organischen Natur geltend. Die Blätter entwickeln Sauerstoff nur im Lichte; die grüne Farbe der Blätter bildet sich nur bei Zutritt desselben; die Entstehung der färbenden organischen Stoffe ist so abhängig von dem Lichte, daß die Pflanzen und Thiere der lichtreichen Tropenländer durch Pracht und Mannichfaltigkeit ihrer Färbung vor denen der anderen Zone sich auszeichnen. Aber nicht minder ist das Licht der Farbe feindlich; es zerstört, bleicht dieselbe bekanntlich so nachdrücklich, daß wir nur wenige Farben kennen, die auf die Dauer seinem Einfluß vollkommen widerstehen. In vielen dieser Fälle ist der von ihm erregte chemische Proceß ganz unermittelt und nur indirect abzuleiten.

Wie wir aus §. 205 und 206 der Physik ersehen, sind die verschiedenen Arten des Lichtes sehr ungleich in ihrer chemischen Wirkung; dieselbe ist am kräftigsten bei den violetten Lichtstrahlen, am schwächsten bei den rothen und gelben; Kerzenlicht äußert nur sehr geringe chemische Wirkungen. Man pflegt darum die hierher gehörigen Versuche in Zimmern vorzubereiten, die durch Kerzenlicht erhellt sind oder durch Sonnenlicht, das durch gelbe Fensterscheiben einfällt.

Am auffallendsten tritt die Wirkung des Sonnenlichtes hervor, wenn Chlorsilber, AgCl, demselben ausgesetzt wird; rasch verwandelt sich die weiße Farbe dieser Verbindung in Violett und Schwarz, indem ein Theil derselben zersetzt wird in Chlor und feinzertheiltes Silber; ähnlich verhält sich das Jodsilber, AgJ.

Endlich haben gewisse Harze die Eigenschaft, durch den Einfluß des Sonnenlichtes in Alkohol unlöslich zu werden und ebenso verlieren Leim und Gummi ihre Löslichkeit in Wasser, wenn Lösungen derselben mit zweifach chromsaurem Kali vermischt und nach dem Trocknen dem Lichte ausgesetzt werden.

Vergeblich suchen wir zu erklären, wie die leisen Schwingungen des Aethers, welche uns als Licht erscheinen, im Stande sind, die materiellen Theile in Bewegung zu setzen, aus welchen die chemischen Verbindungen bestehen. Es erscheint diese Wirkung um so wunderbarer, als sie in manchen Fällen mit einer dem Blitze gleichen Geschwindigkeit eintritt. Der Mensch, darauf angewiesen, alle Kräfte der Natur sich dienstbar zu machen, hat sich auch des Sonnenstrahls bemächtigt, um vermittelst desselben die Bilder der Camera obscura (Physik §. 193) zu fixiren, um sogenannte Lichtbilder zu erzeugen. Jahrelang beschäftigten sich mit dieser Aufgabe zwei Franzosen, Niepce und Daguerre, bis Letzterer im Jahre 1839 dieselbe löste und als Nationalbelohnung einen lebenslänglichen Gehalt von 6000 Franken erhielt.

142 **Die Daguerreotypen** werden auf folgende Weise erhalten. Eine höchst blank polirte versilberte Kupferplatte wird den Dämpfen von Jod so lange ausgesetzt, bis sie sich mit einer gelben Schicht von Jodsilber überzogen hat, worauf man in einer Camera obscura das Bild irgend eines Gegenstandes auf

dieselbe fallen läßt. Dieses aus zurückgeworfenen Lichtstrahlen durch eine Sammellinse erzeugte Bild wirkt zersetzend auf das Jodsilber und zwar die helleren Theile desselben stärker, die dunkleren verhältnißmäßig schwächer. In wenig Secunden ist diese Zersetzung meist schon vollendet. Man setzt nun die Platte den Dämpfen von Quecksilber aus, wodurch das Bild zum Vorschein kommt. Zuletzt legt man die Platte in eine Auflösung von unterschwefligsaurem Natron, NaO, S_2O_2, welche von derselben den übrigen Theil des Jodsilbers hinweg nimmt, so daß das Bild durch das Licht keine weitere Veränderung erleidet.

An den Stellen, wo das Licht einwirkte, ist das die Platte überziehende Jodsilber, AgJ, in Halbjodsilber, Ag_2J, verwandelt worden, aus welch letzterm die Quecksilberdämpfe metallisches Silber ausscheiden und damit wahrscheinlich ein Amalgam bilden. Durch das Mikroskop erkennt man ganz deutlich, daß die dunklen oder Schattenpartien des Daguerreotyps aus blankem Silbergrund bestehen, während die vom Licht getroffenen Stellen mit kleinen Metallkügelchen bestäubt erscheinen. Das Bild kann in der That leicht abgewischt werden, erhält deshalb auf galvanischem Wege eine schwache Vergoldung und eine schützende Bedeckung von Glas. Es ist ein Hauptmangel der also erzeugten Bilder, daß sie auf ungleichem Lichtreflex, also Spiegelung einer Metallfläche beruhen; ihre Darstellung ist daher aufgegeben worden.

Die Photographien sind eine Erfindung des Engländers Talbot. 143
Dieselben werden auf folgende Weise dargestellt. Eine höchst sorgfältig gereinigte Glasplatte wird mit Collodium (s. dieses) übergossen, welches auf 200 Gewichtstheile etwa 2 bis 3 Thle. Jodammonium oder 0,6 Jodkalium enthält; es bildet sich auf derselben ein dünnes, durchsichtiges Häutchen, und bevor dieses völlig getrocknet ist, bringt man die Platte in eine Lösung von Salpetersaurem Silberoxyd, so daß durch Zersetzung der vorhandenen Salze dieselbe sich mit einer Schicht von Jodsilber überzieht, indem sie eine gelblich weiße, durchscheinende Farbe annimmt. Sie wird in die Camera obscura gebracht und daselbst, je nach der Beleuchtung, 1 bis 20 Secunden lang exponirt. Auch hier entsteht das Bild nicht sofort, sondern es muß durch eine weitere Einwirkung hervorgerufen werden. Hierzu dient die sogenannte Entwickelungsflüssigkeit, eine Auflösung von Gallussäure in Wasser, mit einem Zusatz von Alkohol und Essigsäure, in welche die Platte gelegt wird. Alsbald kommt das Bild zum Vorschein, indem die vom Licht bestrahlten Stellen eine schwarze Farbe annehmen. An diesen befindet sich nämlich ausgeschiedenes Jod, welches zersetzend auf das vorhandene Wasser wirkt, indem es mit dessen Wasserstoff zu Jodwasserstoff sich verbindet, während der freiwerdende Sauerstoff die Gallussäure zu einer schwarzen, kohligen Substanz oxydirt. Als Entwickelungsflüssigkeit kann auch Schwefelsaures Eisenoxydul, FeO, SO_3, dienen, welches unter denselben Umständen in basisch schwefelsaures Eisenoxyd verwandelt wird.

Das Bild wird jetzt fixirt, d. h. in ein Bad von Unterschwefligsaurem Natron gebracht, welches das Jodsilber von den Stellen hinwegnimmt, die vom Lichte nicht verändert worden waren.

Allein das so erhaltene Bild genügt unseren Ansprüchen keineswegs, denn es ist ein negatives Bild, d. h. ein solches, bei welchem die stärksten Lichter schwarz und undurchsichtig hervortreten, während die dunkelsten Stellen weiß erscheinen; es muß daher zur Darstellung eines positiven Bildes dienen, bei welchem das umgekehrte, der Wirklichkeit entsprechende Verhältniß von Licht und Schatten stattfindet. Dieses geschieht leicht durch Anwendung des photographischen Papiers, welches einen Ueberzug von Jodsilber besitzt, indem es zuerst in eine Lösung von Jodkalium und hierauf in eine Silberlösung getaucht wurde; es wird mit dem negativen Bilde bedeckt dem Sonnenlicht ausgesetzt, worauf alsbald das positive Bild zu Stande kommt. Auch dieses Bild bedarf noch als letzte Operation der Fixirung durch ein Bad von Unterschwefligsaurem Natron.

Die Anfertigung der Lichtbilder ist jetzt sehr erleichtert, indem nicht nur die optischen Instrumente und sonstigen Apparate, sondern auch die genannten chemischen Präparate in den erforderlichen Verhältnissen Gegenstände des Handels sind.

II. Organische Chemie.

144 Wie bereits §. 25 erwähnt worden ist, begriff man als Inhalt der Organischen Chemie diejenigen Verbindungen, welche entweder im Körper von Pflanzen oder Thieren gebildet sich vorfinden, oder von solchen abgeleitet werden. Seitdem es jedoch gelungen ist, eine große Anzahl derartiger Verbindungen ohne jede Mitwirkung eines Organismus aus ihren Elementen zusammenzusetzen, hat jene Benennung ihren eigentlichen Sinn verloren. Da alle hierhergerechneten Verbindungen Kohlenstoff enthalten, so bezeichnet man jetzt die organische Chemie als die Chemie der Kohlenstoffverbindungen.

Die Geschichte des Kohlenstoffs hat uns in §. 60 und 61 belehrt, daß der Körper einer Pflanze oder eines Thieres der Hauptmasse nach aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff besteht, daher verbrennlich ist und nur einen geringen Rückstand von Asche hinterläßt. Wir haben ferner gesehen, daß diese Asche hauptsächlich aus Kali, Natron, Kalk, Magnesia und Kieselerde besteht, Stoffe, die der unorganischen Chemie einverleibt worden sind. Hieraus ergiebt sich vorerst als Hauptcharakter der organischen Verbindungen, daß sie vollständig verbrennlich sind.

145 Daß alle organischen Verbindungen Kohlenstoff enthalten läßt sich leicht erkennen, indem sie sich bein Erhitzen schwärzen oder indem sie Ruß abscheiden, wenn sie bei unvollkommenem Luftzutritt verbrannt werden. Bei einigen organischen Verbindungen gesellt sich zum Kohlenstoff noch ein zweites Element, ent-

weder Sauerstoff oder Wasserstoff oder Stickstoff; die Mehrzahl derselben besteht jedoch aus drei Elementen, indem mit Kohlenstoff noch Wasserstoff und Sauerstoff sich verbinden, oder, was weniger häufig vorkommt, Stickstoff und Wasserstoff oder Stickstoff und Sauerstoff. Endlich begegnen wir einer Reihe organischer Verbindungen, die vier Elemente enthalten, nämlich: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Gering ist dagegen die Anzahl der organischen Verbindungen, die außer den vorgenannten Elementen noch Schwefel oder Phosphor enthalten. Außerdem ist es gelungen, in organische Verbindungen auf künstlichem Wege noch weitere Elemente, insbesondere Chlor, Brom, Jod, Arsen und viele der Metalle einzuführen.

Wenn wir in der unorganischen Chemie einer großen Mannichfaltigkeit von **146**
Verbindungen, wie Säuren, Basen, Salzen von den verschiedensten Eigenschaften begegneten, so war dies wenig überraschend, da dort so vielerlei Elemente beitragen, den von denselben abgeleiteten Verbindungen einen eigenthümlichen Charakter aufzuprägen. Wir finden es selbstverständlich, daß die entsprechenden Verbindungen des Schwefels und des Phosphors sowie des Eisens und Kupfers in ihren Eigenschaften so auffallend abweichen, eben weil darin ganz verschiedene Elemente enthalten sind.

In der organischen Chemie tritt uns eine nicht geringere Mannichfaltigkeit von Verbindungen entgegen, welche die verschiedensten Eigenschaften besitzen. Da finden wir eine große Anzahl geistiger und ätherischer Stoffe, von Säuren, Basen, neutralen Körpern, Gift- und Nahrungsstoffen, Riech- und Farbstoffen von den auffallendsten und entgegengesetztesten Eigenschaften.

Nichtsdestoweniger finden wir, daß alle diese Verbindungen aus höchstens vier bis fünf der oben genannten einfachen Stoffe bestehen, daß sie hinsichtlich ihrer elementaren Zusammensetzung eine merkwürdige Gleichförmigkeit darbieten. Die Verschiedenheit der chemischen Eigenschaften organischer Verbindungen ist daher weniger durch die Art (Qualität) ihrer Bestandtheile bedingt, als vielmehr durch das Mengenverhältniß, die Quantität, und die Anordnung der vorhandenen Atome. Man erlangte daher erst Einsicht in diesem Gebiet, als eine Methode gefunden war, auf das Genaueste die relativen Mengen der Bestandtheile organischer Verbindungen zu bestimmen.

Organische Analyse. Die Mehrzahl der organischen Verbindungen **147**
besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Erinnern wir uns, daß ein solcher Körper verbrennlich ist und daß bei seiner vollständigen Verbrennung nur zwei flüchtige sauerstoffhaltige Verbindungen entstehen, nämlich Kohlensäure und Wasser. Man hat demnach nur Sorge zu tragen, daß erstens hinreichend Sauerstoff vorhanden ist, um einen gegebenen Körper vollständig zu verbrennen, und daß zweitens die entstandenen Verbrennungsproducte auf das Genaueste gesammelt werden können.

Das geschieht auf folgende Weise: von der zu analysirenden Verbindung, z. B. reinstem Zucker, werden 100 Gewichtstheile genau abgewogen und mit vielem Kupferoxyd, CuO, innig vermischt. Das Gemenge wird in eine Glas-

röhre von höchst strengflüssigem Glas gebracht, welche **Verbrennungsröhre** (s. Fig. 60) genannt, und von Außen zum Glühen erhitzt wird. Das Kupferoxyd liefert hier den zur Verbrennung nothwendigen Sauerstoff, der sich mit dem Kohlenstoff des Zuckers zu Kohlensäure, mit dem Wasserstoff zu Wasser verbindet, indem gleichzeitig eine entsprechende Menge von Kupfer in den metallischen Zustand übergeht. Die beiden entstandenen Verbrennungsproducte sind flüchtig und werden durch die Hitze aus der Verbrennungsröhre ausgetrieben; sie gehen zuerst durch die **Chlorcalciumröhre**, Fig. 61, die mit Stücken von Chlorcalcium gefüllt ist, welches den Wasserdampf vollständig aufsaugt und zurückhält. Die Kohlensäure geht weiter und gelangt in den von **Liebig** äußerst sinnreich ausgedachten **Kaliapparat**, Fig. 62, der aus einer triangelförmigen Glasröhre besteht, die an mehreren Stellen kugelförmig erweitert und zum Theil mit **Kalilauge** angefüllt ist. Es wird hierdurch bezweckt, daß die in die erste Kugel eintretende Kohlensäure unter einem gewissen Druck nach und nach die anderen Kugeln passiren muß, so daß eine vollkommene Aufnahme derselben stattfindet. In Fig. 63 sehen wir die Aufstellung des ganzen Apparats in Ausführung der Verbrennung, die in der Röhre *AA* nach und nach geschieht, indem man von vorn nach hinten fortrückt. Sie liegt zu diesem Zweck entweder auf einem rostartigen Verbrennungsofen von Eisenblech, und wird durch Holzkohlenfeuer erhitzt, oder letzteres geschieht, wie die Abbildung zeigt, durch eine Reihe von Gasflammen, deren Brenner *F* nach und nach angezündet werden.

Fig. 60.

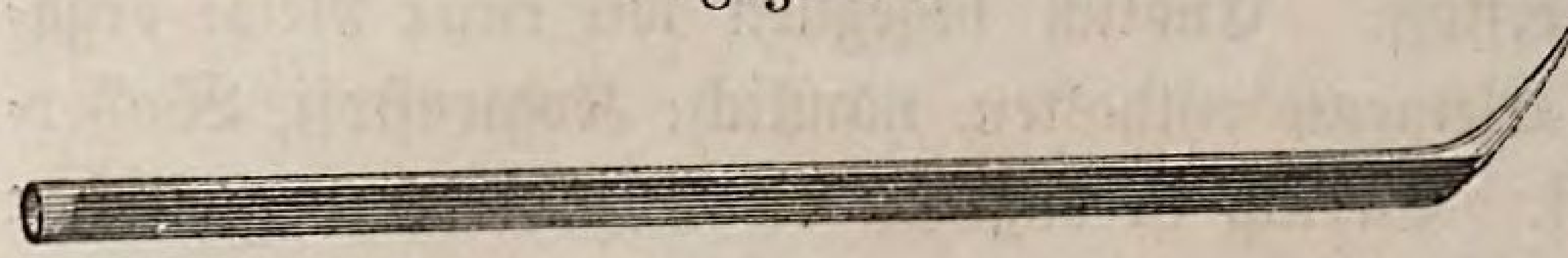
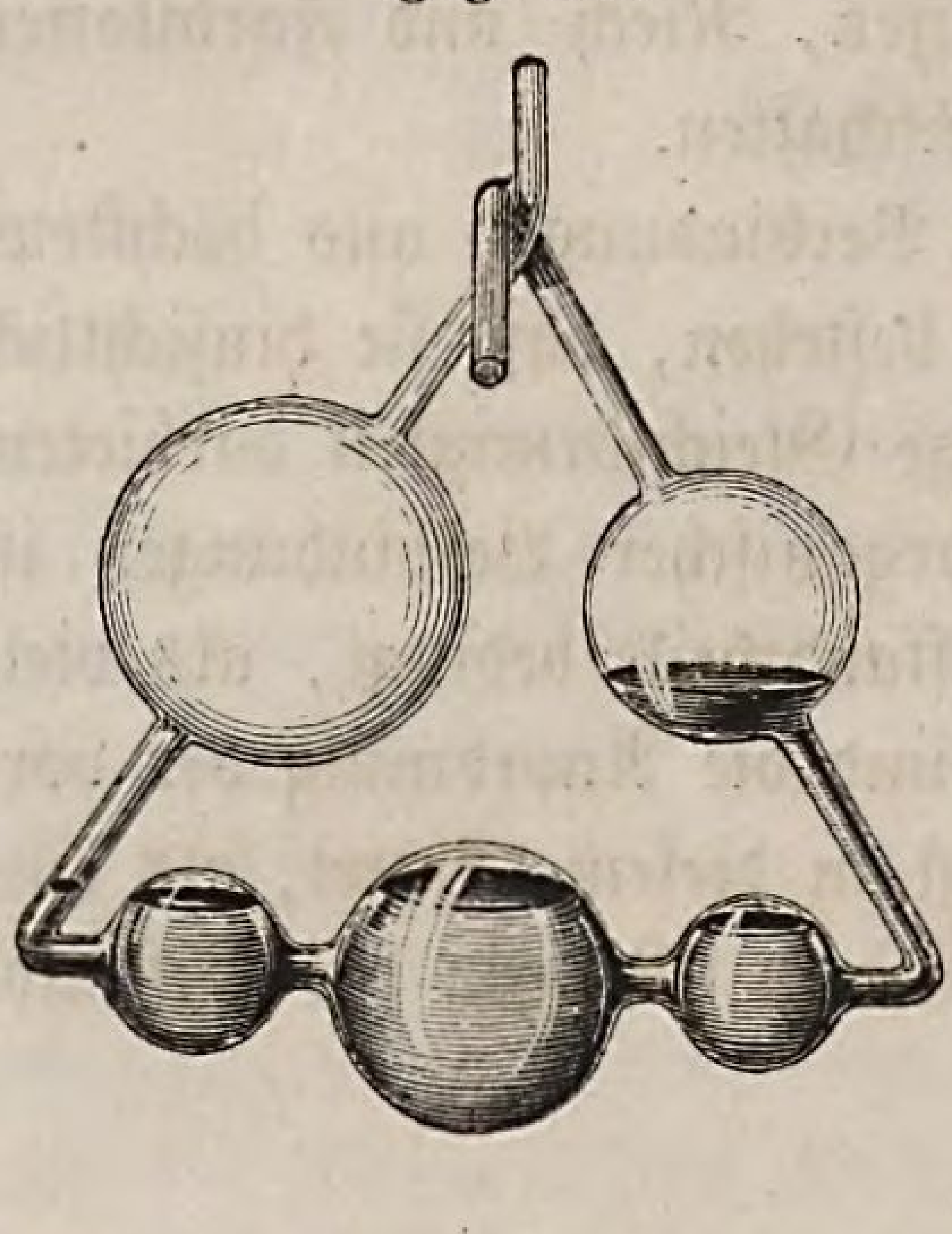


Fig. 61.



Fig. 62.

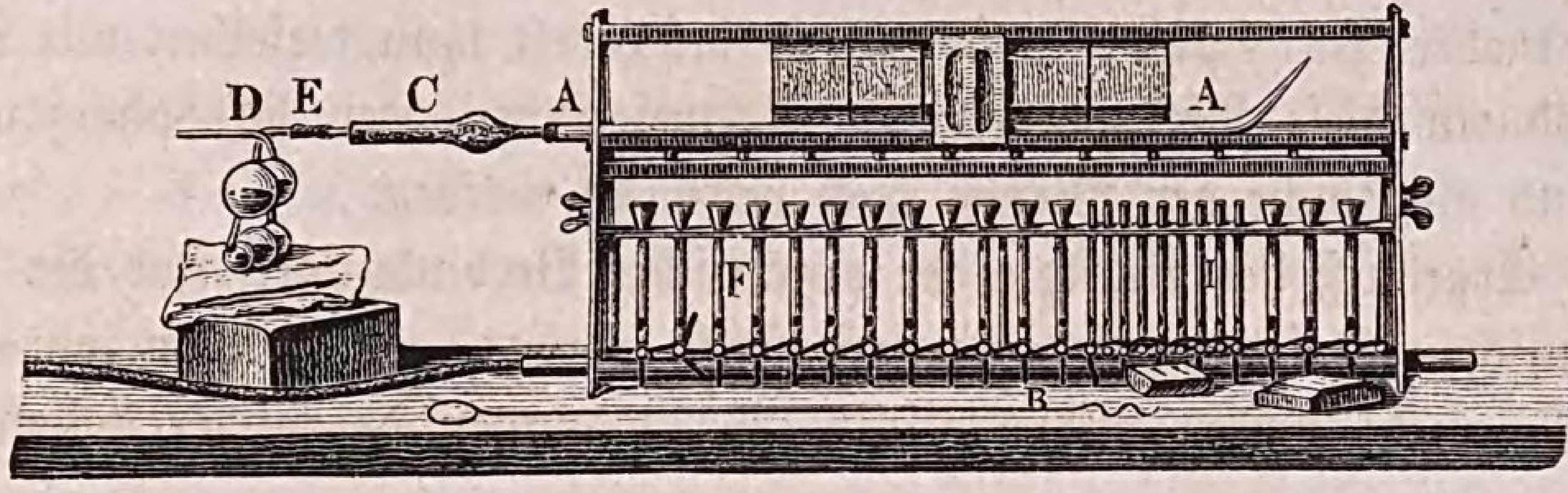


Die Verbrennung ist vollendet, sobald kein Gas mehr in den Kaliapparat tritt; man bricht jetzt die feine Spitze am Ende der Verbrennungsröhre ab und saugt an dem Kaliapparat ein wenig; es streicht alsdann Luft durch die geöffnete Spitze und treibt den Wasserdampf und die Kohlensäure, die in der Verbrennungsröhre noch vorhanden waren, in die Absorptionsapparate.

Die Chlorcalciumröhre und der Kaliapparat waren vor der Verbrennung genau gewogen worden; indem man dieselben nachher abermals wiegt, erfährt man aus der Zunahme ihres Gewichts die durch das Verbrennen des Zuckers entstandenen Mengen von Kohlensäure und von Wasser. Da bekannt ist, wieviel Kohlenstoff und Wasserstoff in einer gegebenen Menge von Kohlensäure und Wasser enthalten ist, so läßt sich jetzt leicht berechnen, wieviel von diesen beiden

Elementen in den 100 Gewichtstheilen Zucker vorhanden war. Nachdem dies bekannt ist, ergiebt sich die Menge des dritten Elements, des Sauerstoffs, von

Fig. 63.

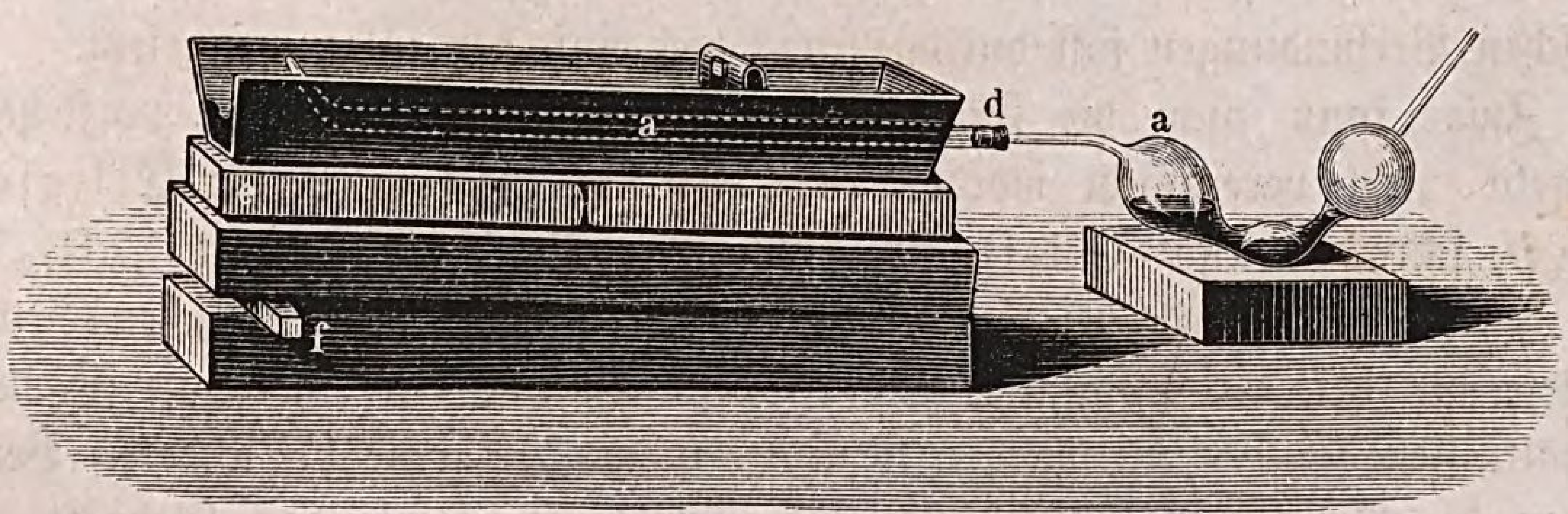


selbst. Man hat auf diese Weise gefunden, daß der Zucker die folgende procentische Zusammensetzung hat:

42,1	. . . .	Kohlenstoff,
6,4	. . . .	Wasserstoff,
51,5	. . . .	Sauerstoff,
100		Gewichtstheile Zucker.

Bestimmung des Stickstoffs. Die Anwesenheit des Stickstoffs in einer organischen Verbindung erkennt man daran, daß sie beim Verbrennen den eigenthümlichen Geruch verbreitet, der entsteht, wenn Federn oder Haare verbrannt werden; die entstehenden Dämpfe enthalten Ammoniak, NH_3, und ertheilen daher geröthetem Lackmuspapier eine blaue Farbe. Wenn eine stickstoffhaltige organische Verbindung mit einem ätzenden Alkali, wie Kali, Natron oder Kalk, erhitzt wird, so verbindet sich der sämmtliche darin enthaltene Stickstoff mit Wasterstoff und entweicht als Ammoniak. Hierauf beruht das analytische Verfahren für derartige Stoffe. Man wiegt die zu analysirende Verbindung genau ab, und vermischt sie mit einem Gemenge von ätzendem Natron und Kalk. Nachdem man diese Substanzen in eine Verbrennungsröhre *a* (Fig. 64) gebracht hat, wird diese zum Glühen erhitzt und das entweichende 148

Fig. 64.



Ammoniak durch Chlorwasserstoffsäure vollständig aufgefangen, die sich in einem kleinen Kugelapparat befindet. Nach Vollendung der Operation enthält diese Flüssigkeit allen Stickstoff, der vorhanden war, in der Form von Salmiak,

NH_3, ClH; man versetzt sie mit einer Lösung von Zweifach-Chlorplatin, wodurch ein Niederschlag von unlöslichem Chlorplatinammonium ($PtCl_4 + 2\,NH_4Cl$) entsteht; man wiegt dasselbe und berechnet nachher den darin enthaltenen Stickstoff.

Wenn organische Verbindungen außer den genannten Elementen noch Schwefel oder Phosphor enthalten, so behandelt man dieselben mit Salpetersäure, wodurch diese Bestandtheile in Schwefelsäure oder Phosphorsäure übergeführt und als solche der Menge nach bestimmt werden.

149 Als Ergebniß der Analyse der organischen Verbindungen sind die Formeln ihrer chemischen Zusammensetzung aufgestellt worden, von welchen wir eine Anzahl den Formeln einiger unorganischen Verbindungen gegenüber stellen wollen:

Unorganische Verbindungen. Organische Verbindungen.

Namen	Formel	1 Molekül		Namen	Formel	1 Molekül	
		Atome	Gewicht			Atome	Gewicht
Wasser . . .	H_2O	3	18	Weingeist . . .	C_2H_6O	10	62
Kochsalz . . .	$NaCl$	2	58	Stärke	$C_6H_{10}O_5$	21	162
Zinnober . .	HgS	2	232	Zucker	$C_{12}H_{22}O_{11}$	45	342
Schwefelsäure	H_2O, SO_3	7	98	Essigsäure . . .	$C_2H_4O_2$	8	60
Salpetersäure	H_2O, N_2O_5	10	126	Citronensäure .	$C_6H_8O_7$	21	182
Kalihydrat . .	H_2O, K_2O	6	112	Chinin	$C_{20}H_{24}N_2O_2$	48	324
Schwefels. Kali	K_2O, SO_3	7	150	Schwefels. Chinin	$C_{20}H_{24}N_2O_2, SO_3$	52	404
Alaun . . .	$K_2O, SO_3 + Al_2O_3, 3SO_3$	23	510	Stearin	$C_{57}H_{110}O_6$	173	891

Indem wir beide Reihen vergleichen, ergiebt sich ein auffallender Unterschied, in welchem ein Hauptcharakter der organischen Verbindungen hervortritt. Ein Molekül der letzteren ist nämlich in der Regel aus einer großen Anzahl von Atomen zusammengesetzt. Dem gegenüber erscheinen die Moleküle der unorganischen Verbindungen fast durchgehends viel einfacher zusammengesetzt.

Zwar kann man die Frage aufwerfen, warum einige der vorstehenden Formeln nicht vereinfacht worden sind, warum man z. B. für Essigsäure $C_2H_4O_2$ schreibt, anstatt CH_2O; für Chinin $C_{20}H_{24}N_2O_2$, anstatt $C_{10}H_{12}NO$?

Allein man wurde bei Aufstellung dieser Formeln von erheblichen Gründen geleitet, die bei der Essigsäure und bei dem Chinin, das eine Base ist, in den Verhältnissen beruhen, in welchen sie Salze bilden, während bei anderen Verbindungen die Art ihrer Entstehung und Zersetzung, sowie das Gewicht ihres Dampfes hierfür maßgebend sind.

150 **Constitution der Organischen Verbindungen.** Wenn im Hinblick auf die frühzeitige Entwickelung, welche die verschiedenen Zweige der

Naturwissenschaften erfahren haben, die Chemie eine jüngere Wissenschaft genannt werden muß, so ist wiederum der als Organische Chemie bezeichnete Theil derselben als das Ergebniß der jüngsten Zeit anzusehen. Erst im zweiten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts erhielt die Analyse der organischen Verbindungen durch Liebig die im Vorhergehenden beschriebene Einfachheit und Sicherheit der Ausführung, daß die Zusammensetzung dieser bisher räthselhaften Stoffe festgestellt werden konnte. Das allgemeine Interesse der Chemiker wendete sich mit Vorliebe dem neuen Gebiete zu und richtete zahllose Arbeiten und Untersuchungen auf das Studium der organischen Verbindungen.

Als Ausgangspunkt hierzu diente ganz vorzüglich eine allbekannte Flüssigkeit — der Weingeist. Bereits aus dem 8. Jahrhundert findet sich eine Beschreibung der Bereitung des Weingeistes aus Wein, des sogenannten Aqua vitae, den man später durch Entwässerung zu verstärken und endlich ganz wasserfrei darstellen lernte. Der für den Weingeist seit dem 13. Jahrhundert gebräuchliche Name Alkohol ist nur indirect auf arabischen Ursprung zurückzuführen. Wir bedienen uns desselben, um im Nachfolgenden damit den wasserfreien Weingeist zu bezeichnen.

Wenn man sich anfänglich damit begnügt hatte, nur die procentische Zusammensetzung der organischen Verbindungen festzustellen und daraus empirische Formeln abzuleiten, so knüpften sich alsbald an die gewonnenen Resultate weitere Vorstellungen über deren Zusammensetzung, insbesondere über die Gruppirung ihrer Atome über ihre innere Constitution.

Aus der Menge des Wassers und der Kohlensäure, welche 100 Gewichtstheile Alkohol bei ihrer Verbrennung durch Kupferoxyd liefern, ergiebt sich, daß derselbe die nachfolgende procentische Zusammensetzung hat:

Kohlenstoff	52,2
Wasserstoff	13,0
Sauerstoff	34,8
	100,0

Die hieraus berechnete empirische Formel des Alkohols ist C_2H_6O.

Außerdem hatte man noch eine Reihe von Verbindungen kennen gelernt, die durch Einwirkung verschiedener Art aus dem Alkohol abgeleitet worden waren. Die Analyse derselben ergab, daß dem entsprechend auch ihre chemische Zusammensetzung in eine bestimmte Beziehung zu der des Alkohols sich bringen läßt, wie nachfolgende rationelle Formeln dies zeigen, wobei die des Alkohols verdoppelt wird:

$$2\,C_2H_6O = 2\,(C_2H_5)O + H_2O = \text{Alkohol},$$
$$2\,(C_2H_5)O = \text{Aether},$$
$$2\,(C_2H_5)S = \text{Schwefeläthyl},$$
$$2\,(C_2H_5)Cl_2 = \text{Chloräthyl},$$
$$2\,(C_2H_5)O + N_2O_3 = \text{Salpeteräther}.$$

Wie man sieht, enthalten diese sämmtlichen Verbindungen die zu einem Molekül vereinigte Atomgruppe C_2H_5, die sich mit Atomen der Elemente Sauer-

stoff, Schwefel, Chlor ganz in ähnlicher Weise verbindet, wie ein Element selbst. Man hat der Atomgruppe C_2H_5 den Namen Aethyl gegeben und dieselbe als ein Zusammengesetztes Radical (§. 45) bezeichnet, im Gegensatz zu den einfachen Radicalen, als welche man die Elemente betrachtet. Hierdurch wurde die Auffassungsweise der chemischen Zusammensetzung der Aethylhaltigen Verbindungen in eine sehr einfache Beziehung zu den unorganischen Verbindungen gebracht, wie dies aus nachfolgender Vergleichung der des Kaliums und des Aethyls augenfällig hervorgeht:

K = Kalium.		C_2H_5 = Aethyl	
K_2O	= Kaliumoxyd (Kali),	$(C_2H_5)_2O$	= Aethyloxyd (Aether),
K_2S	= Schwefelkalium,	$(C_2H_5)_2S$	= Schwefeläthyl,
KCl	= Chlorkalium,	$(C_2H_5)Cl$	= Chloräthyl,
K_2O, H_2O	= Kaliumoxydhydrat,	$(C_2H_5)_2O$, H_2O	= Aethyloxydhydrat (Alkohol),
K_2O, N_2O_3	= Salpetrigs. Kali,	$(C_2H_5)_2O$, N_2O_3	= Salpetrigs. Aethyloxyd,

Diese Ansicht lag um so näher, als man in dem Cyan einen Körper kennen gelernt hatte, der wie ein Element sich verhält. Auch gelang nicht nur die Darstellung des Radicals Aethyl, C_2H_5, in Gestalt eines Gases, sondern auch die Entdeckung mehrerer weiterer Verbindungen, die mit dem Alkohol und der von ihm abgeleiteten Reihe die größte Aehnlichkeit oder Analogie darboten, so daß sie mit demselben als die Gruppe der Alkohole zusammengestellt wurden. Es gewann hierdurch den Anschein, als ob überhaupt allen organischen Verbindungen solche zusammengesetzte Radicale zu Grunde lägen, und man bezeichnete in der That die organische Chemie als die der zusammengesetzten Radicale. Die bis dahin allein geltende dualistische Ansicht (§. 19) über die Constitution der chemischen Verbindungen wurde, wie dies obige Formeln erkennen lassen, übertragen auf die organische Chemie.

Die weiteren Fortschritte auf diesem Gebiete haben ergeben, daß die vorstehende Lehre sich nicht durchgehend anwendbar erweist; es hat jedoch die Existenz der zusammengesetzten Radicale auch in den später auftretenden Ansichten über die organischen Verbindungen, die wir im Nachfolgenden besprechen werden, ihre Anerkennung und Bedeutung bewahrt.

151 Alle Wissenschaften, auf welchem Höhepunkte der Entwickelung wir dieselben jetzt erblicken mögen, haben ihren Ursprung genommen in der Feststellung einzelner Thatsachen und Erscheinungen. Anfänglich nur lose und zufällig aneinandergereiht, offenbarte sich allmälig in denselben ein bestimmter Zusammenhang, eine wiederkehrende Regelmäßigkeit, deren Ausdruck von einem denkenden Beobachter als das dieselben verbindende Gesetz ausgesprochen wurde. Indem sich dann weiter das Nachdenken auch richtete auf die Grundlage oder Endursache der Gesetzmäßigkeit, so bildeten sich hierüber Ansichten oder Theorien, nicht selten gestützt auf Annahmen oder Hypothesen, zu denen man in solchen Fällen seine Zuflucht nahm, in welchen der directe Beweis des Grundes

nicht zu führen war. In §. 14 haben wir uns einer derartigen Hypothese bedient, als wir die Gesetzmäßigkeit der Gewichtsverhältnisse, in welchen die Elemente sich verbinden, zu erklären suchten durch die Annahme der Atome und Moleküle.

Wir erkennen es als einen Triumph des menschlichen Geistes, wenn es ihm gelingt, eine einfache Grundursache für ganze Reihen von Naturerscheinungen nachzuweisen. Newton's Name wurde unsterblich, indem er die Gravitation als die einheitlich bewegende Kraft der Weltkörper und des fallenden Apfels darstellte. Gestützt auf die Hypothese des in Schwingungen befindlichen Aethers (Physik §. 124) lassen sich alle die mannichfaltigen Erscheinungen des Lichts in nothwendigem Zusammenhange stehend erkennen.

Als Prüfstein der Richtigkeit einer Theorie sowohl als auch einer Hypothese dient nicht allein ihre Uebereinstimmung mit den vorliegenden Erscheinungen und Thatsachen, denn aus diesen ist sie ja immer abgeleitet, sondern sie muß sich namentlich auch dadurch bewähren, daß von ihr ausgehend, einestheils Erscheinungen erschlossen zu werden vermögen, die noch nicht bekannt sind und anderntheils im Voraus gesagt werden kann, welche Erscheinungen unmöglich eintreten können.

Wenn schon wir noch weit entfernt sind von einer völlig ausreichenden Grundanschauung zur Erklärung und Verknüpfung der zahllosen Erscheinungen und Verbindungen im Bereiche der organischen Chemie, so fehlt es doch keineswegs an erfolgreichen Versuchen in dieser Richtung. Hiervon legen wir im Nachfolgenden das für unsern Zweck Geeignete vor und man wird darin zunächst eine Erweiterung des in §. 21 über die Werthigkeit oder Valenz der Atome Gesagten erkennen. Sodann wird mit Entschiedenheit der Kohlenstoff als der Mittel- und Ausgangspunkt der Betrachtung aller organischen Verbindungen hervortreten. Indem diese sämmtlich Kohlenstoff enthalten und deshalb die organische Chemie ja geradezu als die Chemie der Kohlenstoffverbindungen bezeichnet worden ist, muß ihr Charakter wesentlich bedingt sein durch die Grundeigenschaften des Kohlenstoffs selbst. Als solche von hervorragender Wichtigkeit werden angenommen:

1. Das Atom des Kohlenstoffs ist vierwerthig.
2. Die Kohlenstoffatome besitzen die Eigenschaft, sich mit sich selbst zu verbinden und Gruppen zu bilden, welche sich wie ein chemisches Ganzes verhalten.

Gesättigte und ungesättigte Verbindungen. Die Wer- 152
thigkeit oder Valenz eines Atoms ist seine Fähigkeit, sich mit einem oder mit mehreren Atomen eines andern Elementes chemisch zu verbinden. Zur Veranschaulichung dessen werden mitunter kleine Striche zu Hülfe genommen, welche zwischen die Zeichen der verbundenen Elemente gesetzt werden, und derartige Formeln heißen Graphische Formeln, z. B.:

$H-Cl$	$K-Cl$	$H_2=O$	$H_3\equiv N$	$H_4 \equiv C$
Chlorwasserstoff;	Chlorkalium;	Wasser;	Ammoniak;	Sumpfgas.

Der Strich zwischen H und Cl bedeutet, daß beide Atome mit je einer Valenz sich gegenseitig zu Chlorwasserstoff verbunden haben; bei den folgenden Formeln sieht man, daß die Valenzen von 2, 3 und 4 Atomen Wasserstoff gebunden sind durch die zwei-, drei- und vierwerthigen Atome $\overset{''}{O}$, $\overset{'''}{N}$ und $\overset{IV}{C}$.

In manchen Fällen kann jedoch eine andere Schreibweise entsprechender erscheinen, und in der That läßt sich die Zusammensetzung des Wassers auch durch folgende graphische Formel darstellen: H — O — H; die des Sumpfgases durch $H_2 = C = H_2$.

Verbindungen, bei welchen, wie in den vorgenannten, alle Valenzen der Atome sich gegenseitig binden oder ausgleichen, werden Gesättigte Verbindungen genannt. Ungesättigte Verbindungen sind dagegen solche, bei welchen diese Ausgleichung nur theilweise stattgefunden hat, so daß noch eine oder mehrere freie Valenzen übrig bleiben. Beispiele der Art sind:

Kohlenoxyd CO		Schweflige Säure SO_2
O = C =		$S = O_2 =$
Cyan CN	Stickoxyd NO	Hydroxyl HO
N ≡ C —	O = N —	H — O —

Wie aus diesen Formeln ersichtlich, sind in dem Kohlenoxyd und in der Schwefligen Säure zwei freie Valenzen vorhanden, bei Cyan, Stickoxyd und Hydroxyl je eine. Solche Atomgruppen haben daher in der That die Fähigkeit, weitere Verbindungen einzugehen, bis zur Sättigung ihrer überschüssigen Valenzen. Sie verhalten sich hierin wie die Atome von Elementen und sind auch bereits in §. 45 als Zusammengesetzte Radicale bezeichnet worden. Man kann ihre Valenz augenfällig darstellen wie folgt:

$$(CO)'' \quad (SO_2)'' \quad (NO)' \quad (CN)' \quad (HO)'$$

oder selbst mit Hinweglassung der Klammern:

$$\overset{II}{CO} \quad \overset{II}{SO_2} \quad \overset{I}{NO} \quad \overset{I}{CN} \quad \overset{I}{HO}$$

Die zwei ersten Atomgruppen sind demnach zweiwerthige, die drei folgenden einwerthige Radicale. Die letzte Gruppe, das Hydroxyl, ist als für sich bestehend nicht bekannt.

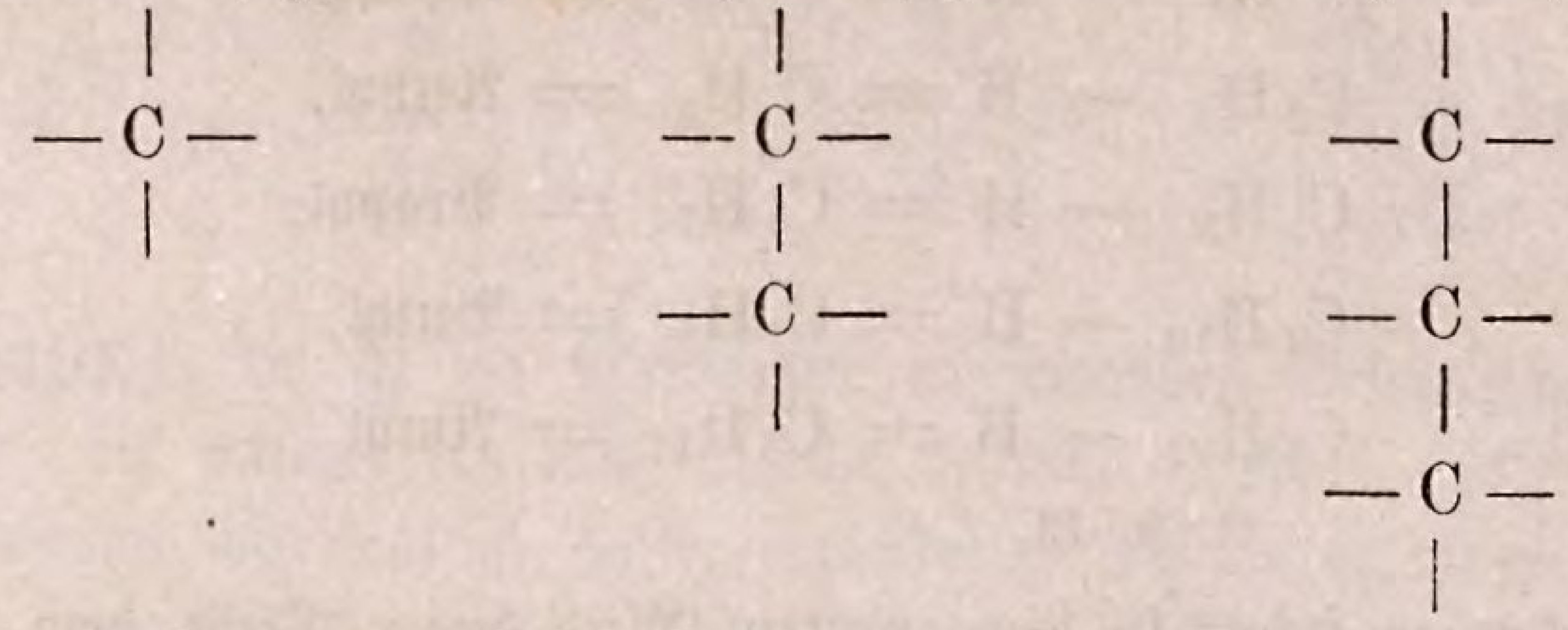
153 **Homologe Reihen.** Gehen wir nun über zur Betrachtung des Kohlenstoffs insbesondere, so sind es hauptsächlich seine Verbindungen mit Wasserstoff, welche unsere Aufmerksamkeit verdienen. Denn nicht nur kommen viele Kohlenwasserstoffe fertig gebildet in der Natur vor, sondern es gehen dieselben auch in fast zahlloser Menge als Producte aus den verschiedensten chemischen Zersetzungsprocessen hervor.

Als vierwerthiges Element bildet der Kohlenstoff eine Anzahl uns bereits bekannter gesättigter Verbindungen, wie Kohlensäure CO_2, Schwefelkohlenstoff CS_2, Cyanwasserstoff CNH. Seine gesättigte Verbindung mit dem Wasserstoff ist das Sumpfgas, CH_4, in welchem sich durch die Einwirkung von Chlor nach und

nach die Wasserstoffatome vertreten lassen durch Chlor, wodurch folgende Verbindungen entstehen: CH_3Cl; CH_2Cl_2; $CHCl_3$; CCl_4. Alle vorstehenden Verbindungen enthalten nur 1 Atom Kohlenstoff.

Wenn 2 Atome Kohlenstoff in chemische Action eintreten, so geschieht dies mit $2 \times 4 = 8$ Valenzen und der entsprechende gesättigte Kohlenwasserstoff wäre C_2H_8; bei 3 Atomen Kohlenstoff mit 12 Valenzen ist ein der Formel C_3H_{12} entsprechender Kohlenwasserstoff zu erwarten u. s. w. Solche Verbindungen, die ohnehin nur Vervielfachungen des Sumpfgases, CH_4, also $= 2\ CH_4$, $3\ CH_4$, $n\ CH_4$ wären, existiren nicht. Vielmehr ist in allen bekannten Kohlenwasserstoffen, die mehrere Atome Kohlenstoff enthalten, die Anzahl der vorhandenen Wasserstoffatome geringer als zur Sättigung erforderlich ist. Dies beruht auf der bereits erwähnten Fähigkeit der Atome des Kohlenstoffs, ihre Valenzen gegenseitig zu binden, so daß Atomgruppen entstehen, deren Gesammtvalenz geringer ist, als die der Summe der vereinzelten Kohlenstoffatome. Zur Veranschaulichung dessen diene die nachfolgende graphische Darstellung, in welcher 2 Atome Kohlenstoff mit je einer Valenz gegenseitig sich binden, so daß $2 \times 4 - 2 = 6$, oder $3 \times 4 - 4 = 8$ freie Valenzen übrig bleiben:

C vierwerthig, C_2 sechswerthig, C_3 achtwerthig.



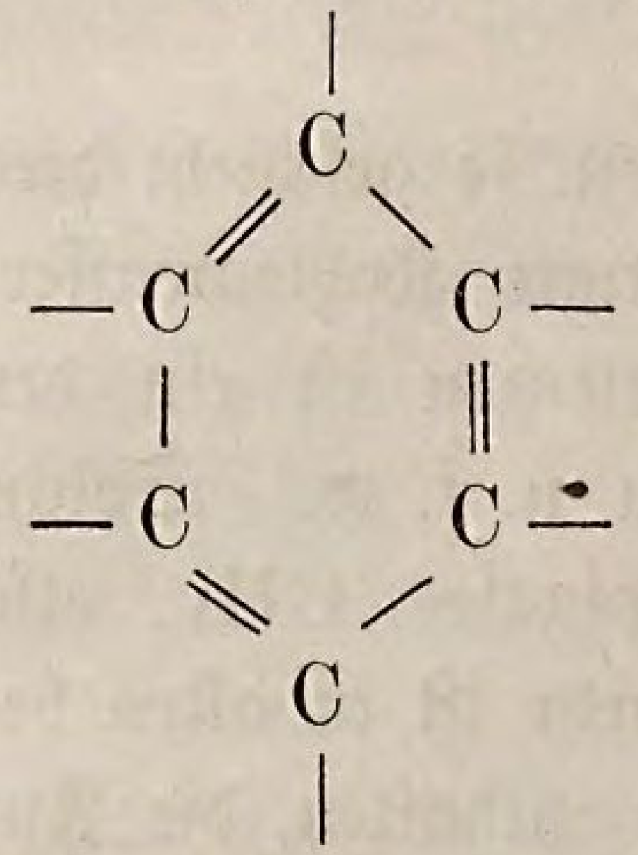
Setzen wir diese Kette von Kohlenstoffatomen fort, so ergiebt es sich, daß C_4 zehnwerthig, C_5 zwölfwerthig ist u. s. f.

C_2H_6	Denken wir uns jede freie Valenz der also verketteten Koh-
C_3H_8	lenstoffatome verbunden mit einem Wasserstoffatom, so erhalten
C_4H_{10}	wir die nebenstehende Reihe von gesättigten Kohlenwasserstoffen,
C_5H_{12}	in welchen jedes folgende Glied einmal CH_2 mehr enthält als
C_6H_{14}	das vorhergehende und welche sich ausdrücken läßt durch die Formel
C_nH_{n2+2}	C_nH_{n2+2}, die daher eine Allgemeine Formel genannt wird.

Die organische Chemie bietet viele Beispiele derartiger, in gesetzmäßiger Beziehung stehender Verbindungsreihen, welche als Homologe Reihen bezeichnet werden. Die einer solchen angehörigen Verbindungen besitzen eine entsprechende Uebereinstimmung in ihren Eigenschaften.

Man hat jedoch Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff kennen gelernt, bei welchen die Anzahl der Wasserstoffatome noch weit weniger ausreichen würde, um sämmtliche Valenzen der vorhandenen Kohlenstoffatome, einzelngenommen, zu sättigen, als dies bei der vorstehenden Reihe der Fall ist. So z. B. entspricht die Zusammensetzung einer bekannten flüchtigen Flüssigkeit, des

Benzols, der Formel C_6H_6, wonach von 24 Valenzen des Kohlenstoffs nur 6 durch Wasserstoff gesättigt erscheinen. Man erklärt dies durch die Annahme,



daß hier eine noch weiter gehende Verkettung der Kohlenstoffatome unter sich stattgefunden hat, wie dies durch folgende graphische Darstellung verdeutlicht wird. Hiernach bilden die Kohlenstoffatome eine geschlossene Kette, indem ein jedes derselben abwechselnd mit seinem Nachbar durch eine oder zwei Valenzen verbunden ist, während die vierte Valenz frei bleibt und mit 1 Atom Wasserstoff sich verbindet, wodurch das Benzol, C_6H_6, entsteht. Dasselbe ist folglich eine gesättigte Verbindung von der allgemeinen Formel C_nH_n.

154 **Organische Radicale.** Durch chemische Einwirkung kann einem jeden gesättigten Kohlenwasserstoff eins seiner Wasserstoffatome entzogen werden. Der verbleibende Rest bildet alsdann eine einwerthige Atomgruppe, die als solche in chemische Verbindungen einzutreten vermag. Zusammengesetzte Radicale der Art hat man Organische Radicale genannt und ihren Namen die Endigung „yl" gegeben. Als Beispiel führen wir einige organische Radicale, die von der homologen Reihe C_nH_{n2+2} abgeleitet worden sind, mit Namen auf:

$$CH_4 - H = \overset{I}{C}H_3 = \text{Methyl},$$
$$C_2H_6 - H = \overset{I}{C}H_5 = \text{Aethyl},$$
$$C_3H_8 - H = \overset{I}{C_3}H_7 = \text{Propyl},$$
$$C_4H_{10} - H = \overset{I}{C_4}H_9 = \text{Butyl},$$
$$C_5H_{12} - H = \overset{I}{C_5}H_{11} = \text{Amyl}.$$

u. a. m.

Wir erkennen sofort in dem zweiten Glied dieser Reihe, dem Aethyl, die Gruppe C_2H_5 wieder, deren stetiges Auftreten in einer Anzahl von organischen Verbindungen bereits in §. 150 hervorgehoben worden ist.

Es lassen sich nunmehr die Kohlenwasserstoffe der Reihe C_nH_{n2+2} betrachten als die Wasserstoffverbindungen der obigen Radicale wie folgt:

$$\overset{I}{C}H_3,\ H = \text{Methylwasserstoff},$$
$$\overset{I}{C_2}H_5,\ H = \text{Aethylwasserstoff},$$
$$\overset{I}{C_3}H_7,\ H = \text{Propylwasserstoff},$$
$$\overset{I}{C_4}H_9,\ H = \text{Butylwasserstoff},$$
$$\overset{I}{C_4}H_{11},\ H = \text{Amylwasserstoff}.$$

u. s. w.

Nach der typischen Anschauungsweise entsprechen diese Verbindungen einem Wasserstoffmolekül, in welchem 1 Atom Wasserstoff vertreten ist durch ein einwerthiges Radical:

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}\text{Wasserstoff},\quad \left.\begin{matrix}\overset{I}{C}H_3\\H\end{matrix}\right\}\text{Methylwasserstoff},\quad \left.\begin{matrix}\overset{I}{C_2H_5}\\H\end{matrix}\right\}\text{Aethylwasserstoff}.$$

Einem gesättigten Kohlenwasserstoffe können jedoch auch zwei Atome Wasserstoff entzogen werden, wodurch zweiwerthige Reste oder Radicale entstehen, deren Namen die Endsilben „ylen“ haben:

$$C_2H_6 - H_2 = \overset{II}{C_2}H_4,\ \text{Aethylen},$$

$$C_3H_8 - H_2 = \overset{II}{C_3}H_6,\ \text{Propylen, u. a. m.}$$

Weniger bekannt sind Fälle, wo dreiwerthige Radicale entstehen durch Entziehung von 3 Atomen Wasserstoff, wie im folgenden Beispiel:

$$\text{Propylwasserstoff } C_3H_8 - H_3 = \overset{III}{C_3}H_5 = \text{Glyceryl.}$$

Indem die also abgeleiteten organischen Radicale sich nicht nur mit den nichtmetallischen und metallischen Elementen und den unorganischen Radicalen verbinden können, sondern auch gleich einwerthigen Elementen in andere Verbindungen einzutreten vermögen, läßt sich eine unabsehbare Anzahl von hiernach möglichen Verbindungen theoretisch formuliren, von denen viele in der That bereits dargestellt oder entdeckt worden sind. Als Beispiel werde angeführt, daß die Wasserstoffatome des Ammoniaks theilweise oder vollständig ersetzt werden können durch die einwerthigen Radicale der Aethylreihe, wodurch die sogenannten zusammengesetzten Ammoniake oder Amine entstehen:

Ammoniak	Aethylamin	Diäthylamin	Triäthylamin
$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N$	$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\\H\end{matrix}\right\}N$	$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}H$	$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\right\}H$

Isomerie. Im §. 63 wurde der auffallenden Erscheinung der Allo- 155
tropie gedacht, bei welcher ein und derselbe einfache Körper, z. B. Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, unter veränderten Umständen die verschiedensten Eigenschaften anzunehmen vermag. In ähnlicher Weise begegnen wir in der organischen Chemie nicht wenigen Verbindungen, welche bei gleicher procentischer Zusammensetzung unter allen Umständen verschieden sind in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften und welche als isomere Verbindungen bezeichnet werden. Beispiele sind:

Terpentinöl	$C_{10}H_{16}$	Aethylameisenäther	$= C_3H_6O_2$
Citronenöl	$C_{10}H_{16}$	Methylessigäther	$= C_3H_6O_2$
Stärke	$C_6H_{10}O_5$	Cyansaures Ammoniak	$= C\ H_4N_2O$
Gummi	$C_6H_{10}C_5$	Harnstoff	$= C\ H_4N_2O$
Holzfaser	$C_6H_{10}O_5$		

Nach dem, was im Vorhergehenden bezüglich der homologen Reihen, der Radicale und der Vertretung der Elemente nach ihren Valenzen gesagt worden ist, erscheint die Mehrzahl der Fälle von Isomerie nicht schwierig zu erklären durch die Annahme, daß in denselben eine verschiedene Stellung der Atome oder Atomgruppen stattfindet. So erhält die empirische Formel $C_3H_6O_2$ für den Aethylameisenäther den nachfolgenden Ausdruck: C_2H_5, CHO_2, und für den Methylessigäther: CH_3, $C_2H_3O_2$.

156 **Organische Synthese.** Man versteht hierunter die künstliche Darstellung organischer Verbindungen aus unorganischen Verbindungen oder Elementen. So lange die Zusammensetzung der ersteren weniger genau ermittelt war, herrschte die Ansicht, daß organische Verbindungen überhaupt nur unter Mitwirkung der Lebensthätigkeit des Organismus der Pflanzen und Thiere sich zu bilden vermögen. Allerdings wurde frühzeitig schon die Beobachtung gemacht, daß einfache organische Verbindungen, wie Kleesäure, C_2O_3, und Ameisensäure, CH_2O_2, sich bilden, wenn Kohlenoxyd, CO, in der Wärme auf Kalihydrat einwirkt. Als eine wichtige Thatsache betrachtete man die nachfolgende Entdeckung, daß Cyansaures Ammonium, CNO, NH_4, beim Erwärmen sich umsetzt in Harnstoff, CH_4N_2O, ein Absonderungsproduct der fleischfressenden Thiere.

Mit dem fortgesetzten Studium der organischen Verbindungen, insbesondere ihrer Constitution, mehrten sich die Fälle ihrer Synthese. Es gelang unter Anderen die directe Darstellung des niedersten Kohlenwasserstoffs, des Acetylens, C_2H_2, aus seinen Elementen. Dasselbe entsteht, wenn kräftige elektrische Flammenbogen zwischen Kohlenspitzen sich entladen in einem Gefäß, das Wasserstoff enthält. Es ist ein vierwerthiges farbloses Gas, von eigenthümlichem Geruch, das durch Aufnahme von H_2 in Aethylen, C_2H_4, übergeht und bei längerm Erhitzen in Benzol, C_6H_6, sich umsetzt. Durch Entziehung einzelner Wasserstoffatome und Ersetzung derselben durch Elemente oder Radicale lassen sich dann aus diesen Kohlenwasserstoffen complicirtere organische Verbindungen aufbauen. Blausäure, CNH, vereinigt sich mit Wasserstoff zu Methylamin: $CNH + H_2 = \left.\begin{matrix}CH_3\\H\end{matrix}\right\}N$, das durch eine Reihe von Reactionen übergeführt werden kann in Alkohol, C_2H_6O, zu dessen Gewinnung man bis dahin die Gährung zuckerhaltiger Flüssigkeiten für unumgänglich gehalten hatte.

Es ist somit die Aussicht eröffnet, daß alle organischen Verbindungen sich künstlich darstellen lassen, sobald man ihre Constitution richtig erkannt haben wird. Vorerst ist jedoch die organische Synthese nur von wissenschaftlichem Interesse, da ihre umständliche und mühevolle Methode zur Darstellung organischer Verbindungen technisch nicht verwerthbar ist.

157 **Eintheilung der organischen Verbindungen.** Durch die Lehre von der Valenz der Atome und die hieraus sich ableitenden organischen Radicale und homologen Reihen ist zwischen einer großen Anzahl organischer Verbindungen eine gegenseitige Beziehung festgestellt worden, die das Verständniß und den Ueberblick derselben wesentlich vereinfacht und erleichtert. Von diesen Ansichten ausgehend ist es gelungen, Verbindungen aufzufinden und darzustellen, welche die Theorie vorausgesetzt hatte, sowie auf Lücken hinzuweisen, die noch auszufüllen sind. Es läßt sich daher ein umfangreiches Gebiet der organischen Chemie in systematischer Anordnung darstellen, welche bei einer streng wissenschaftlichen Behandlung derselben einzuhalten ist.

Es giebt aber nicht wenige organische Verbindungen, welche in das be-

zeichnete System sich nicht einreihen lassen und darunter gerade solche, die für das Gewerbe und Leben von der größten Bedeutung sind. Hiernach scheint es am angemessensten, daß wir nach Darlegung der Gesetze und Theorie für die wissenschaftliche Auffassung der organischen Verbindungen übergehen zur Beschreibung derselben und sie dabei in natürliche Gruppen eintheilen, die mehr nach gewissen äußeren Eigenschaften gebildet sind. Dabei beginnen wir mit denjenigen, welche am besten studirt sind, in nachstehender Reihenfolge:

1. Alkohole und deren Abkömmlinge. 2. Organische Säuren. 3. Organische Basen. 4. Kohlenstoffhydrate. 5. Aetherische Oele. 6. Kohlenwasserstoffe. 7. Harze. 8. Farbstoffe. 9. Eiweißstoffe. 10. Thierstoffe. 11. Zersetzungproducte.

1. Alkohole und deren Abkömmlinge.

Wir haben bereits in §. 150 gezeigt, daß es eine Reihe organischer Verbindungen giebt, die mit dem wasserfreien Weingeist, dem sogenannten Alkohol, in ihrer chemischen Constitution sowie in ihren Eigenschaften eine große Uebereinstimmung besitzen, so daß man sie zur Gruppe der Alkohole vereinigt hat. Dieselben bilden eine der allgemeinen Formel $C_n H_{2n+2} O$ entsprechende homologe Reihe, von der man die nachfolgenden Glieder kennt: 158

Methylalkohol	$C H_4 O$	Siedepunkt	66°
Aethylalkohol	$C_2 H_6 O$	"	78
Propylalkohol	$C_3 H_8 O$	"	96
Butylalkohol	$C_4 H_{10} O$	"	109
Amylalkohol	$C_5 H_{12} O$	"	132
Hexylalkohol	$C_6 H_{14} O$	"	150
Heptylalkohol	$C_7 H_{16} O$	"	164
Decatylalkohol	$C_{10} H_{22} O$	"	212
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . .
Cetylalkohol	$C_{16} H_{34} O$	Schmelzpunkt	20°
Cerylalkohol	$C_{27} H_{56} O$	"	79
Myricilalkohol	$C_{30} H_{62} O$	"	85

Die ersten Glieder der Reihe sind flüchtige, sogenannte geistige Flüssigkeiten und bilden sich vornehmlich bei der Gährung organischer Substanzen; die letztgenannten sind feste Körper und Bestandtheile des Wachses und der Fette. Mit jedem hinzutretenden Kohlenwasserstoffmolekül CH_2 erhöht sich bei ersteren der Siedepunkt, bei letzteren der Schmelzpunkt.

Hinsichtlich ihrer chemischen Constitution stehen die Alkohole in nächster Beziehung zu den Kohlenwasserstoffen der Reihe $C_n H_{2n+2}$. Letztere lassen sich nach §. 154 betrachten als 1 Mol. Wasserstoff, in welchem 1 At. Wasserstoff vertreten ist durch ein einwerthiges organisches Radical:

$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}$ 1 Molekül Wasserstoff $\left.\begin{matrix}C'H_3\\H\end{matrix}\right\}$ Methylwasserstoff $\left.\begin{matrix}C_2H'_5\\H\end{matrix}\right\}$ Aethylwasserstoff.

Werden die in jeder der vorstehenden Gruppen vorhandenen zwei freien Valenzen gesättigt durch 1 Atom Sauerstoff, so erhalten wir:

$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$ = Wasser $\left.\begin{matrix}C'H_3\\H\end{matrix}\right\}O$ = Methylalkohol $\left.\begin{matrix}C_2H'_5\\H\end{matrix}\right\}$ Aethylalkohol;

so daß die Alkohole in ihrer Constitution dem Wassertypus entsprechen, während sie früher als Hydrate der Oxyde organischer Radicale angesehen wurden:

$2\,(\overset{I}{C}H_3)\,O + H_2O$ = Methyloxydhydrat;

$2\,(C_2\overset{I}{H}_5)\,O + H_2O$ = Aethyloxydhydrat.

Eine nähere Beschreibung verdienen wegen ihrer allgemeineren Bedeutung nur einige der Alkohole.

159 **Abkömmlinge.** Durch chemische Einwirkungen verschiedener Art, die wir, so weit dienlich, weiter unten mittheilen werden, läßt sich von jedem Alkohol eine Reihe von Verbindungen ableiten:

1. Die Aether entstehen, wenn an die Stelle des typischen Wasserstoffatoms im Alkohol eins der Alkoholradicale tritt:

$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}O$ Aethylalkohol $\left.\begin{matrix}CH_3\\H\end{matrix}\right\}O$ Methylalkohol

$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\right\}O$ Aethyläther $\left.\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\right\}O$ Methyläther.

Nach der ältern Theorie sind die Aether die Oxyde der Alkoholradicale: $2\,(CH_3)O$ = Methyloxyd; $2\,(C_2H_5)O$ = Aethyloxyd. 2. Die Zusammengesetzten Aether entstehen, wenn das typische Wasserstoffatom des Alkohols ersetzt wird, durch eine Säure:

$\left.\begin{matrix}CH_3\\H\end{matrix}\right\}O$ Methylalkohol $\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}O$ Aethylalkohol

$\left.\begin{matrix}CH_3\\C_2H_3O\end{matrix}\right\}O$ Methylessigäther $\left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_3O\end{matrix}\right\}O$ Aethylessigäther.

Dieselben sind flüchtige neutrale Verbindungen, welche in ihrer Zusammensetzung den Salzen entsprechen, indem das organische Radical die Stelle des Metalls einnimmt. Viele derselben zeichnen sich aus durch einen sehr feinen Wohlgeruch und entsprechenden Geschmack und es verdanken die Obstarten und Früchte, sowie die durch Gährung erzeugten Getränke ihr Aroma der Gegenwart eines oder mehrerer solcher Aether. 3. Die Aldehyde entstehen aus den Alkoholen, wenn denselben unter Bildung von Wasser durch den Einfluß oxydirender Körper 2 At. Wasserstoff entzogen werden, z. B.: Alkohol, $C_2H_6O + O$ = Aldehyd $C_2H_4O + H_2O$. 4. Die Fetten Säuren von der allgemeinen Formel $C_nH_{2n}O_2$ entstehen aus den Aldehyden durch weitere Oxydation, wobei noch 1 Atom Sauerstoff aufgenommen wird, z. B. Aldehyd, $C_2H_4O + O$ = Essig-

säure $C_2H_4O_2$. 5. Haloidäther bilden sich gleichzeitig mit Wasser, wenn Wasserstoffsäuren auf Alkohole einwirken: Alkohol $C_2H_6O + ClH =$ Chloräthyl $C_2H_5Cl + H_2O$. 7. Schwefelalkohole sind Verbindungen, in welchen der Sauerstoff des Alkohols vertreten ist durch Schwefel, z. B. Alkohol $= C_2H_6O$; Schwefelalkohol oder Mercaptan $= C_2H_6S$. 8. Amine, Phosphine und Arsine entstehen, wenn der Wasserstoff im Ammoniak, im Phosphor- oder Arsenwasserstoff ersetzt wird durch Alkoholradicale. (S. §. 154.) 9. Letztere vereinigen sich auch mit Metallen und bilden den Metallchloriden entsprechende Verbindungen: Zinkchlorid $= ZnCl_2$; Zinkäthyl, $Zn(C_2H_5)_2$. 10. Beim Erhitzen der Alkohole mit Schwefelsäure zersetzen sich dieselben in Kohlenwasserstoffe von der Formel C_nH_{2n}, mit dem gleichen Kohlenstoffgehalt: Alkohol, $C_2H_6O =$ Aethylen $C_2H_4 + H_2O$.

Aethylalkohol.

Empirische,	typische,	dualistische Formel.
C_2H_6O	$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}O$	$2(C_2H_5)O + H_2O$

Gewöhnlich versteht man unter Alkohol das zweite Glied der in §. 158 charakterisirten Reihe, in welchem das Radical Aethyl, C_2H_5, enthalten ist; da jedoch derselbe Name, in der Mehrzahl gebraucht, dazu dient, um als „Alkohole“ sämmtliche Glieder jener Gruppe zu bezeichnen, so setzt man, wenn es sich darum handelt, eins derselben genau zu unterscheiden, vor den Gattungsnamen Alkohol als Artnamen den des bezüglichen Radicals, wie z. B. „Aethylalkohol“. 160

Als weitere Benennungen dieses Alkohols sind anzuführen: Aethyloxydhydrat, entsprechend der obigen dualistischen Formel; ferner Absoluter oder wasserfreier Weingeist. Spiritus (Spiritus vini), oder Weingeist heißt ein Gemenge, das Alkohol und 15 Procent Wasser enthält; der Alkoholgehalt des Branntweins beträgt nur 40 bis 50 Procent.

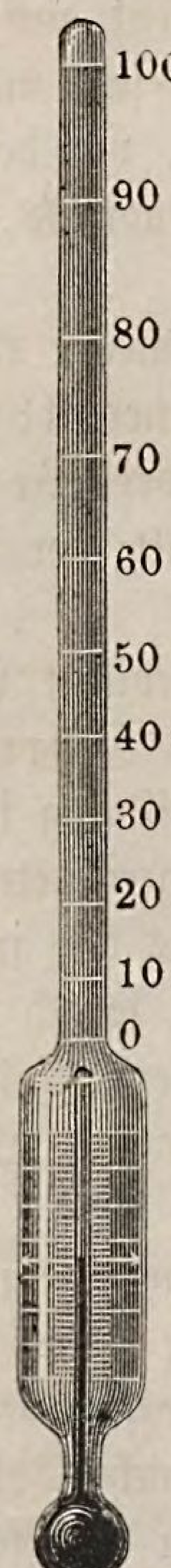
Der Alkohol kommt niemals in der Natur fertig gebildet vor; er wird lediglich als das Zersetzungsproduct des Zuckers durch die Gährung erhalten, die wir später beschreiben werden. Nachdem die Alkoholbildung in den gegohrenen Flüssigkeiten vor sich gegangen ist, werden diese in geeigneten Apparaten der Destillation unterworfen. Der Alkohol ist flüchtiger als das in jenen Flüssigkeiten enthaltene Wasser, er destillirt daher zuerst über, jedoch stets begleitet von Wasserdampf, so daß durch wiederholte Destillation der Alkohol zwar verstärkt, aber nicht vollkommen wasserfrei erhalten werden kann. Letzteres wird erreicht durch Destillation desselben über gebranntem Kalk.

Der Alkohol ist farblos, von angenehm belebendem, geistigem Geruch und brennendem Geschmack; sein specif. Gewicht ist 0,792, er siedet bei 78°; bei 90° wird er dickflüssig, ohne zu gefrieren. Viele der in Wasser löslichen Stoffe, wie die meisten Salze, sind in Alkohol wenig oder gar nicht löslich; dagegen löst er die Harze und ätherischen Oele und andere in Wasser unlösliche

Stoffe. Gegen Wasser äußert er eine starke Anziehung, indem er selbst aus der Luft Wasser aufnimmt. Bringt man feuchte Pflanzen- oder Thierstoffe in Alkohol oder in Weingeist, so wird denselben Wasser entzogen, wodurch sie gleichsam ausgetrocknet und vor Verderbniß bewahrt werden. Das Brennen des Weingeistes im Mund und Magen beruht darauf, daß er der Oberfläche dieser Theile Wasser entzieht und es kann daher Alkohol in einiger Menge innerlich genommen giftig wirken. Auf die Nerven übt er eine eigenthümliche, erregende, bis zur Betäubung gehende Wirkung aus, welch letztere Berauschung genannt wird; er ist daher der wesentliche Bestandtheil der geistigen Getränke. Der Alkohol ist brennbar, mit schwach leuchtender Flamme, ohne Rauch und der Weingeist wird als Brennmaterial benutzt. In der Medicin und in den Gewerben hat er eine ausgedehnte Verwendung.

Mit Wasser ist der Alkohol in allen Verhältnissen mischbar; es findet dabei eine Zusammenziehung Statt, indem zugleich die Mischung sich erwärmt. Das specifische Gewicht der letztern kann demnach nicht das Mittel aus der verwendeten Menge von Alkohol und Wasser sein. Da ferner diese Zusammenziehung nicht nach einem ermittelten Gesetz geschieht und bei verschiedener Temperatur Aenderungen erleidet, so konnte das specifische Gewicht von ein- bis

Fig. 65.



Specifisches Gewicht.	Volumprocent nach Tralles.	Gewichtsproc. bei = 12,5° R.
1,000	0	0
0,991	5	4,0
9,985	10	8,0
0,980	15	12,1
0,975	20	16,2
0,970	25	20,4
0,964	30	24,6
0,958	35	28,9
0,951	40	33,4
0,942	45	37,9
0,933	50	42,5
0,923	55	47,2
0,912	60	52,2
0,901	65	57,2
0,889	70	62,5
0,876	75	67,9
0,863	80	73,5
0,848	85	79,5
0,833	90	85,7
0,815	95	92,4
0,793	100	100,0

hundertprocentigen Gemengen nur durch eine große Anzahl mühevoller und sorgfältiger Wägungen und Messungen bestimmt werden.

Im Handelsverkehr ist es von Wichtigkeit, auf leichte Weise den Alkoholgehalt geistiger Flüssigkeiten, wie des Weingeistes und des Branntweins, genau bestimmen zu können. Man bedient sich hierzu besonderer Aräometer (Phys. §. 92), der sogenannten Alkoholometer oder Weingeistwagen, Fig. 65. Da der Alkohol ein geringeres specifisches Gewicht besitzt als das Wasser, so muß natürlich dieses Instrument in Gemischen beider um so tiefer einsinken, je größer ihr Alkoholgehalt ist. Man bezeichnet den Punkt, bis zu dem es in absolutem, d. i. hundertprocentigem Alkohol einsinkt, mit 100, und den, bis zu welchem es in reinem Wasser sich erhebt, mit 0. Die zwischenliegende Scala muß durch Versuche ermittelt werden, da wegen der unregelmäßigen Zusammenziehung der Gemische die Grade nicht gleich sein können. Die gesetzlich eingeführten Alkoholometer sind von Tralles construirt und heißen Volumprocent-Aräometer, weil sie den Alkoholgehalt nach Maaßtheilen angeben. Seine Angabe bezieht sich auf die bestimmte Temperatur von 12,5° R., weshalb ein kleines Thermometer darin eingeschlossen ist. Nebenstehende Tafel giebt eine Vergleichung der specifischen Gewichte mit den entsprechenden Volum- und Gewichtsprocenten alkoholischer Flüssigkeiten.

Aethyläther, $\left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\right\}O$, oder Aethyloxyd, $(C_2H_5)_2O$, gewöhnlich Aether genannt, wird erhalten, wenn man ein Gemisch von 3 Thln. Schwefelsäure und 3 Thln. Weingeist der Destillation unterwirft, unter fortwährendem Zufluß von Weingeist, in dem Maaße, als der gebildete Aether überdestillirt. Hierbei zerfällt der Alkohol in Aether und Wasser nach folgendem Vorgang: Sobald obiges Gemisch auf 140° C. erhitzt wird, tauscht die Schwefelsäure 1 At. H aus gegen 1 Mol. Aethyl des Alkohols und bildet damit eine eigenthümliche Säure, die sogenannte Aethylschwefelsäure, während gleichzeitig Wasser entsteht: 161

$$\underset{\text{Alkohol}}{\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}O} + \underset{\text{Schwefelsäure}}{\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}SO_4} = \underset{\text{Aethylschwefelsäure}}{\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}SO_4} + \underset{\text{Wasser}}{\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O}$$

Kommt nun die Aethylschwefelsäure in Berührung mit noch weiter vorhandenem Alkohol, so findet abermals eine Zersetzung Statt, indem dieselbe ein zweites Molekül Aethyl gegen 1 At. H eintauscht, wodurch Aether gebildet und Schwefelsäure wieder hergestellt wird:

$$\underset{\text{Alkohol}}{\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}O} + \underset{\text{Aethylschwefelsäure}}{\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}SO_4} = \underset{\text{Aether}}{\left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\right\}O} + \underset{\text{Schwefelsäure}}{\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}SO_4}$$

Das beim ersten Vorgang gebildete Wasser destillirt gleichzeitig ab mit dem im zweiten Vorgang entstandenen Aether, während die Schwefelsäure zurückbleibt, die, so lange als Alkohol aufs Neue hinzugefügt wird, den Wechsel der obigen Zersetzungen fortsetzt. Eine kleine Menge Schwefelsäure kann daher dienen, um große Mengen von Alkohol in Aether überzuführen.

Der Aether ist eine wasserhelle, leicht bewegliche, höchst flüchtige Flüssigkeit von 0,73 specif. Gewicht, die schon bei 34° siedet. Der Aether ist leicht entzündlich, brennbar, ebenso sein Dampf, der mit Luft ein explosives Gemenge bildet, weshalb seine Handhabung Vorsicht erfordert; er schwimmt auf dem Wasser, ohne sich mit demselben zu vermischen, während er mit Weingeist in jedem Verhältniß mischbar ist; er löst nur wenige Salze, dagegen Harze, flüchtige und fette Oele und Fette, in kleiner Menge auch Phosphor, Schwefel und verschiedene organische Stoffe und findet in der chemischen Technik mehrfache Verwendung. Sein Geruch ist eigenthümlich, durchdringend, sein Geschmack brennend. Aether innerlich genommen oder als Dampf eingeathmet übt eine anästhesirende, d. i. herabstimmende Wirkung auf die Empfindungsnerven aus, die bis zur Bewußt- und Gefühllosigkeit gehen kann. Schon lange ist als schmerzstillender Liquor ein Gemisch von 1 Thl. Aether mit 2 Thln. Weingeist unter dem Namen der Hofmann'schen Tropfen im Gebrauch. In der ältern Medicin führt er den unpassenden Namen „Schwefeläther", auch Naphta.

162 Von den Zusammengesetzten Aethyläthern verdienen Erwähnung: Der Salpeteräther, $C_2H_5NO_2$, der sich bei der Destillation von Alkohol mit Salpetersäure bildet, einen angenehmen Geruch nach Aepfeln besitzt und mit Alkohol vermischt in der Medicin verwendet wird. Essigäther, $\left.\begin{matrix}C_2H_3O\\C_2H_5\end{matrix}\right\}O$, dargestellt durch Destillation von Essigsaurem Natron mit Alkohol und Schwefelsäure, von höchst erquickendem Geruch, ist in altem Wein und Weinessig enthalten. Ameisenäther, $\left.\begin{matrix}C\ HO\\C_2H_5\end{matrix}\right\}O$, in ähnlicher Weise aus Ameisensaurem Natron erhalten, besitzt einen angenehmen Geruch nach Rum und Arrac, zu deren Nachahmung er daher verwendet wird. Buttersäureäther, $\left.\begin{matrix}C_4H_7O\\C_2H_5\end{matrix}\right\}O$, von entschiedenem Ananasgeruch, dient bei Anfertigung von Conditorwaare. Der Oenanthäther, der unter dem Namen Cognacöl bei der Destillation des Weins und der Weinhefe gewonnen wird und von welchem der eigenthümliche Geruch des Weins herrührt, ist ein Gemenge verschiedener Aetherarten, insbesondere von Aethylverbindungen mehrerer sich sehr nahestehender Fettsäuren, wie der Capryl-, Pelargon- und Caprinsäure.

Sehr bemerkenswerth wegen ihrer physiologischen Eigenschaften sind mehrere ätherartige Verbindungen, die durch Einwirkung des Chlors und des Chlorwasserstoffs auf Alkohol entstehen. Unter dem Namen Salzäther findet ein Gemenge von Weingeist mit Chloräthyl, C_2H_5Cl, Anwendung, welch letzteres entsteht, wenn Chlorwasserstoffgas in Alkohol geleitet wird. Im Chloräthyl lassen sich 4 At. H ersetzen durch Chlor, wodurch Vierfach gechlortes Chloräthyl, der sogenannte Aether anaestheticus, C_2HCl_5, entsteht. Bei directer fortgesetzter Einwirkung von Chlor auf Alkohol entsteht das Chloral, C_2Cl_3HO, eine Flüssigkeit, die sich mit Wasser zu einer krystallinischen Verbindung vereinigt. Die beiden letztgenannten finden als anästhetische Mittel wichtige Verwendung in der Heilkunde. Das Chloroform, $CHCl_3$, bildet sich, wenn

Alkohol mit Chlorkalk der Destillation unterworfen wird. Es ist eine farblose, angenehm ätherartig riechende Flüssigkeit, schmeckt süß, hat das specif. Gewicht 1,525 und siedet bei 62°. Das Einathmen seines Dampfes erzeugt vorübergehende Gefühl- und Bewußtlosigkeit und es wird deshalb bei chirurgischen Operationen angewendet.

Aldehyd, C_2H_4O. Wenn Weingeist mit Schwefelsäure und Braunstein 163
der Destillation unterworfen wird, so entzieht der freiwerdende Sauerstoff des letztern dem Alkohol 2 At. H und man erhält den Aldehyd als farblose Flüssigkeit von apfelartigem, etwas erstickendem Geruch und 0,801 specif. Gewicht, die bei 21° siedet. Aldehyd mit Silberlösung erwärmt, reducirt das Silber, das sich als metallischer Spiegel an die Gefäßwände anlegt. In Berührung mit Luft nimmt derselbe Sauerstoff auf und verwandelt sich in Essigsäure, $C_2H_4O_2$; er ist daher das stets auftretende Zwischenglied bei der Umwandlung weingeisthaltiger Flüssigkeiten in Essigsäure und bildet sich neben dieser, wenn Weingeist langsam bei gehemmtem Luftzutritt verbrennt.

Methylalkohol: CH_4O oder $\left.\begin{matrix}CH_3\\H\end{matrix}\right\}O$.

Unter dem Namen Holzgeist wird bei der trockenen Destillation des 164
Holzes eine flüchtige, brennbare Flüssigkeit gewonnen, aus welcher durch Entwässerung und Reinigung der genannte Alkohol dargestellt wird. In Verbindung mit Salicylsäure ist er im ätherischen Oel der Gaultheria procumbens, dem sogenannten Wintergrünöl, enthalten. Der Methylalkohol ist farblos, sein specif. Gewicht ist 0,814, er siedet bei 66°, und hat einen geistigen, jedoch nicht angenehmen Geruch. In seinem chemischen Verhalten entspricht er ganz dem Aethylalkohol und kann gleich diesem als Lösungs- und Brennmittel verwendet werden.

Bezüglich seiner Abkömmlinge sei bemerkt, daß der Methyläther, $2(HO_3)O$, gasförmig ist; Methylwasserstoff, $CH_3, H = CH_4$, ist das bekannte Sumpfgas; der Methylaldehyd, CH_2O, geht durch Oxydation über in Ameisensäure, CH_2O_2. Mit Chlorkalk destillirt, liefert auch der Holzgeist Chloroform.

Amylalkohol: $C_5H_{12}O$ oder $\left.\begin{matrix}C_5H_{11}\\H\end{matrix}\right\}O$.

Derselbe bildet sich neben gewöhnlichem Alkohol bei der Gährung zucker- 165
haltiger Flüssigkeiten, vorzüglich bei Gewinnung des Kartoffel- und Fruchtbranntweins. In rohem Zustand wird er Fuselöl genannt. Gereinigt ist er eine farblose Flüssigkeit von widrigem Fuselgeruch und brennendem Geschmack; sein specif. Gewicht ist 0,818, sein Siedepunkt bei 132°; er ist brennbar und hat für sich keine Anwendung, aber im Handel kommt unter dem Namen Apfelöl vor der Baldriansäure-Amyläther, $\left.\begin{matrix}C_5H_9O\\C_5H_{11}\end{matrix}\right\}O$, vermischt mit

Weingeist, und das Birnöl, ein Gemisch von Essigäther und Essigsäure-Amyläther, die beide als Fruchtessenzen in der Conditorei verwendet werden.

Alkohole der zweiwerthigen Radicale.

166 Man wird sich erinnern, daß als Ausgangspunkt zur Betrachtung der Alkohole die Reihe der homologen Kohlenwasserstoffe $C_n H_{2n+2}$ diente. — Durch Entziehung eines Atoms H läßt sich von jedem derselben ein einwerthiges Alkoholradical ableiten, z. B. $C_2H_6 - H = \overset{I}{C_2}H_5$ = Aethyl. Wenn jedoch diese Kohlenwasserstoffe 2 At. H verlieren, so hinterbleiben zweiwerthige Reste von der Formel $C_n H_{2n}$, deren Namen aus denen der einwerthigen Radicale und der Endsilbe „en" gebildet wird, z. B. $C_2H_6 - H_2 = \overset{II}{C_2}H_4$ = Aethylen (s. §. 154). Dieselben bilden die Reihe der zweiwerthigen Alkohole, welche Glycole genannt werden und in ihrer Constitution dem verdoppelten Wassertypus entsprechen, in dem H_2 vertreten wird durch ein zweiwerthiges Radical:

Einfacher Wassertypus;	Aethylalkohol.	Doppelter Wassertypus;	Aethylglycol.
$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$	$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}O$	$\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_2$	$\left.\begin{matrix}\overset{II}{C_2}H_4\\H_2\end{matrix}\right\}O_2$

Aus den Glycolen läßt sich eine Reihe von Abkömmlingen darstellen, doch ist sowohl die Anzahl als auch die Bedeutung der bis jetzt bekannten hierher gehörigen Verbindungen weit geringer als die der Alkoholreihe.

Der Aethylglycol ist eine süß schmeckende, zähe Flüssigkeit von 1,125 specif. Gewicht, welche bei 197° siedet.

Durch Oxydation der Glycole entstehen Verbindungen, welche den Aldehyden und den Fettsäuren der Alkoholreihe entsprechen. Die hieraus hervorgehenden Säuren bilden die sogenannte Milchsäurereihe mit der allgemeinen Formel $C_n H_{2n} O_3$, z. B. Glycolsäure, $C_2H_4O_3$.

Alkohole der dreiwerthigen Radicale.

167 Man weiß längst, daß die Fette, wie z. B. das Olivenöl, das Rüböl, der Talg u. a. m., Verbindungen verschiedener Fettsäuren mit einem eigenthümlichen Körper, dem Glycerin, sind. Bei der Berührung der Fette mit Alkalien bilden sich die Seifen, indem das Alkali mit den Fettsäuren sich verbindet, während das Glycerin abgeschieden wird. Auch wenn die Fette überhitztem Wasserdampf ausgesetzt werden, zersetzen sie sich in Glycerin, welches abdestillirt, und in Fettsäuren, welche zurückbleiben.

Das Glycerin, $C_3H_8O_3$, ist eine dicke, farblose Flüssigkeit von 1,28 specif. Gewicht und angenehm süßem Geschmack, löslich in Wasser und Alkohol. An der Luft ist es in hohem Grade unveränderlich. Es findet vielfache Anwendung als Schmiermittel, Conservirmittel, als Zusatz zu Seife und Stoffen verschiedener Art, um dieselben vor Austrocknung zu schützen, sie geschmeidig und

zähe zu erhalten. In kleiner Menge bildet sich das Glycerin auch bei der Gährung des Weins und ist in solcher in demselben enthalten. Daher wird es auch als Zusatz zu Wein und Bier benutzt.

Die wichtigste Verwendung findet jedoch das Glycerin zur Darstellung des Nitroglycerins oder des Nobel'schen Sprengöls. Man erhält dasselbe durch Einwirkung von concentrirter Salpetersäure auf Glycerin als ein blaßgelbes Oel, das beim Erhitzen oder durch den Schlag unter heftiger Explosion sich zersetzt und als Sprengmittel benutzt wird. Die Wirkungen desselben sind furchtbar, wie mehrfach vorgekommene Unglücksfälle dies leider bestätigt haben. In dem Nitroglycerin sind 3 At. H vertreten durch 3 Mol. Untersalpetersäure, NO_2; seine Zusammensetzung ist demnach $C_3H_5(NO_2)_3O_3$. Das Dynamit ist ein in der Behandlung weniger gefährliches Sprengmittel, das durch Vermischung feiner Kieselerde, sogenannter Infusorienerde, mit Nitroglycerin dargestellt wird.

Fragen wir nun, wie das Glycerin zu den Alkoholen in Beziehung zu bringen ist, so fällt bei Betrachtung seiner Formel in die Augen, daß man darin dem dritten Kohlenwasserstoff der Reihe C_nH_{2n+2}, dem Propylwasserstoff, C_3H_8, begegnet, von dem man durch folgende Zusammenstellung zu dem Glycerin gelangt:

Propylwasserstoff	Propylalkohol	Propylglycol	Propylglycerin
$\left.\begin{matrix}C_3H_7\\H\end{matrix}\right\}$	$\left.\begin{matrix}\overset{I}{C_3H_7}\\H\end{matrix}\right\}O$	$\left.\begin{matrix}\overset{II}{C_3H_6}\\H_2\end{matrix}\right\}O_2$	$\left.\begin{matrix}\overset{III}{C_3H_5}\\H_3\end{matrix}\right\}O_3$

Letzteres ist also der Alkohol des dreiwerthigen Radicals Glyceryl, $\overset{III}{C_3H_5}$; die zusammengesetzten Aether desselben entstehen (nach §. 159), wenn an die Stelle der 3 At. H drei Säuremoleküle treten, wie dies der Fall ist in dem

Nitroglycerin	und in dem Tristearin:
$\left.\begin{matrix}\overset{III}{C_3H_5}\\(NO_2)_3\end{matrix}\right\}O$	$\left.\begin{matrix}\overset{III}{C_3H_5}\\(C_{18}H_{35}O)_3\end{matrix}\right\}O_3$

Letztgenannte Verbindung macht den Hauptbestandtheil des Talgs und darin enthaltene Säure ist Stearinsäure, $C_{18}H_{36}O_2$.

Allerdings erscheint es auffallend, wenn wir Körper von der Natur der Fette bezüglich ihrer chemischen Constitution zu einer Gruppe vereinigt sehen mit den flüchtigen, duftenden Aethern und Alkoholen. Allein die in §. 158 aufgestellte Uebersicht der Alkohole läßt bereits erkennen, wie in den höheren Gliedern der Reihe mit der Complicirtheit der Moleküle die Flüchtigkeit abnimmt, so daß endlich die Alkohole selbst feste Körper sind.

Außer dem Glycerin sind andere Alkohole dreiwerthiger Radicale nicht bekannt. —

2. Organische Säuren.

168 Die Anzahl der bis jetzt bekannten organischen Säuren ist außerordentlich groß und keineswegs abgeschlossen. Viele derselben finden sich fertig gebildet vor in den Säften verschiedener Pflanzentheile, insbesondere der Früchte und verleihen denselben einen angenehm sauren Geschmack, weshalb solche Säuren nicht selten unseren Speisen hinzugesetzt werden. Die Zahl der im lebenden Thierkörper sich vorfindenden Säuren ist weit geringer. Dagegen geht eine große Menge organischer Säuren aus der Zersetzung anderer organischer Verbindungen und der Pflanzen- und Thierstoffe hervor.

Obgleich viele der organischen Säuren einen entschieden sauren Geschmack haben und mit den stärksten Basen vollkommen neutrale Salze bilden, so sind sie mit vereinzelter Ausnahme, doch nicht ätzend und werden durch Schwefelsäure aus ihren Salzen abgeschieden. Sie sind entweder flüchtig oder nicht flüchtig. Eine allgemeine Methode zu ihrer Darstellung läßt sich nicht angeben, doch geschieht dieselbe bei vielen, indem man die Flüssigkeit in der die Säure enthalten ist, mit Kalk sättigt, das entstandene Kalksalz eintrocknet, nachher mit Schwefelsäure übergießt und die freigewordene Säure abdestillirt oder abfiltrirt. Eine andere, öfter angewendete Darstellungsart besteht darin, daß man die organische Säure mit Bleioxyd verbindet und das entstandene Bleisalz in Wasser bringt, durch welches Schwefelwasserstoff geleitet wird. Es entsteht alsdann ein schwarzer Niederschlag von Schwefelblei, von dem die in Wasser gelöste Säure durch Filtration abgeschieden wird.

Ihrer Zusammensetzung nach besteht bei weitem die Mehrzahl aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; bei einigen tritt hierzu noch Stickstoff und nur wenige bestehen aus Kohlenstoff und Sauerstoff.

Hinsichtlich ihrer Constitution ist bereits in §. 159 darauf hingewiesen worden, daß die sogenannten Fetten Säuren in bestimmter Beziehung zu den Alkoholen stehen und deshalb eine homologe Reihe bilden; auch bei einigen anderen Säuren sind ähnliche Beziehungen aufgefunden worden, während viele eine vereinzelte Stellung einnehmen. Es wird angenommen, daß die Säuren ein einwerthiges sauerstoffhaltiges Radical enthalten, welches in Verbindung mit Hydroxyl, HO, die betreffende dem Wassertypus entsprechende Säure bildet. So enthält die Essigsäure $= C_2H_4O_2$ das Radical Acetyl $= C_2H_3O$ und seine Formel ist: $\left.\begin{matrix}(C_2H_3O)'\\H\end{matrix}\right\}O$. In der wasserfreien Säure oder dem Anhydrid ist das typische Wasserstoffatom ersetzt durch 1 Mol. Acetyl, in den Essigsauren Salzen durch 1 At. Metall:

Essigsäureanhydrid; $C_4H_6O_3 = \left.\begin{matrix}C_2H_3O\\C_2H_3O\end{matrix}\right\}O$

Essigsaures Natrium. $\left.\begin{matrix}C_2H_3O\\Na\end{matrix}\right\}O$

Nach der dualistischen Ansicht sind die organischen Säuren die Hydrate der wasserfreien Säuren und in ihren Salzen ist das Hydratwasser ersetzt durch Metalloxyd. Um diese Zusammensetzungsweise auszudrücken, müssen die Formeln der organischen Säuren verdoppelt und geschrieben werden wie in folgenden Beispielen: 169

Essigsäure;	Essigsäurehydrat.	Essigsaures Natron.
$(C_2H_4O_2) \times 2 = C_4H_8O_4 =$	$C_4H_6O_3, H_2O.$	$C_4H_6O_3, Na_2O.$

1. Stickstofffreie organische Säuren.

Kleesäure (Oxalsäure): $= C_2H_2O_4 = \left.\begin{matrix} C_2O_2 \\ H_2 \end{matrix}\right\} O_2.$

Ihren Namen hat diese Säure daher, daß sie sich an Kali gebunden im Safte des Sauerklees (Oxalis) vorfindet; auch andere Pflanzen, wie namentlich der Sauerampfer, enthalten dieselbe Verbindung. Die Kleesäure entsteht ferner als Product verschiedener chemischer Zersetzungen, insbesondere wenn Holzfaser mit ätzenden Alkalien erhitzt wird, sowie bei der Oxydation organischer Körper, z. B. des Zuckers, der Stärke durch Salpetersäure. Sie bildet farblose, säulenförmige Krystalle, welche Krystallwasser enthalten und leicht löslich sind in Wasser. Die Kleesäure besitzt einen stark sauren Geschmack und ist für sich und in ihren Salzen giftig. 170

Saures kleesaures Kali, gewöhnlich Kleesalz genannt, $KHC_2O_4 + H_2O$, ist im Sauerklee enthalten; es besteht aus farblosen, schwerlöslichen Krystallen und bildet mit den Eisenoxyden leicht lösliche Doppelsalze, weshalb es, gleichwie die Säure selbst, zum Entfernen von Tintenflecken und in der Kattundruckerei verwendet wird. Im neutralen kleesauren Kali ist auch das zweite typische At. H ersetzt durch Kalium: $K_2C_2O_4 + H_2O$. Mit Kalk bildet die Kleesäure ein unlösliches Salz, $CaC_2O_4 + 2\ H_2O$, weshalb sie als Reagens auf Kalk und als Fällungsmittel desselben dient.

Fette Säuren der Reihe: $C_nH_{2n}O_2$.

Ihren Namen verdanken diese Säuren der fettigen Beschaffenheit, welche die meisten derselben besitzen, sowie dem Umstand, daß sie in Verbindung mit Glycerin die natürlichen vorkommenden Fette bilden. Die wichtigsten derselben sind: 171

		Siedepunkt.
Ameisensäure	$C\,H_2\,O_2$	99°
Essigsäure	$C_2H_4\,O_2$	118
Propionsäure	$C_3H_6\,O_2$	139
Buttersäure	$C_4H_8\,O_2$	157
Valeriansäure	$C_5H_{10}O_2$	175
Capronsäure	$C_6H_{12}O_2$	199
Oenanthylsäure	$C_7H_{14}O_2$	219
Caprylsäure	$C_8H_{16}O_2$	236
Pelargonsäure	$C_9H_{18}O_2$	260

		Schmelzpunkt
Palmitinsäure . . .	$C_{16}H_{32}O_2$ . . .	62⁰
Stearinsäure. . . .	$C_{18}H_{36}O_2$ . . .	69

Für jedes höhere, durch einen Mehrgehalt von CH_2 sich unterscheidende Glied der Reihe steigt der Siedepunkt um 19⁰.

Ameisensäure: $CH_2O_2 = \left.\begin{matrix} CHO \\ H \end{matrix}\right\} O.$

172 Die Ameisen vermögen Tröpfchen einer ziemlich ätzenden Säure auszuspritzen, die für dieses kleine Volk eine bedeutende Waffe sein mag. Auch die Giftblasen der stechenden Insekten, die Brennhaare der Nesseln und die Fichtennadeln enthalten dieselbe Säure; sie wird ferner gebildet bei vielen Zersetzungen organischer Körper, z. B. wenn Stärke oder Zucker mit Braunstein und Schwefelsäure der Destillation unterworfen wird, oder beim Erhitzen von Glycerin mit Kleesäure, wobei ersteres unverändert bleibt, werden letztere zerfällt in Kohlensäure und Ameisensäure:

Kleesäure, $C_2H_2O_4 = CO_2$, Kohlensäure $+ CH_2O_2$ Ameisensäure.

Die reine Ameisensäure ist eine wasserhelle, flüchtige Flüssigkeit von eigenthümlichem, stechendem Geruch und ätzend, denn sie erzeugt auf die Haut gebracht eine Blase.

Essigsäure: $C_2H_4O_2 = \left.\begin{matrix} C_2H_3O \\ H \end{matrix}\right\} O.$

173 Die Essigsäure entsteht durch Einwirkung des Sauerstoffs auf Flüssigkeiten, die Alkohol, C_2H_6O, enthalten, wobei derselbe durch Austritt von 2 At. H zuerst in Aldehyd, C_2H_4O, und dieses durch Aufnahme von 1 At. O in Essigsäure, $C_2H_4O_2$, übergeht. Ferner befindet sich Essigsäure unter den Producten, welche bei der trockenen Destillation des Holzes auftreten.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß Wein, den man in einer damit theilweise gefüllten, offenen Flasche sich selbst überläßt, sauer wird, indem er sich trübt und mit Schimmel bedeckt; er ist durch Oxydation seines Alkoholgehaltes übergegangen in Weinessig, dessen Gehalt an Essigsäure, je nach der Stärke des Weins, 3 bis 5, höchstens 8 Procent beträgt. Aehnlich verhält sich Bier sowie jede gegohrene Flüssigkeit, und es beruht hierauf die älteste Methode der Essigbereitung, die sogenannte Essigsiederei. Man pflegt das in Kartoffeln oder geschrotenem Getreide enthaltene Stärkemehl durch Kochen mit Malz in Zucker überzuführen, und nachher diese in Gährung gerathende Masse in Fässer zu bringen, welche damit halb angefüllt und offen belassen werden; dieselben befinden sich in der Essigstube, deren Temperatur auf 28 bis 35⁰ erhalten wird, welche sich der Essigbildung am günstigsten erweist, die unter 7⁰ nicht stattfindet. Die Essigbildung geht langsam vor sich und wenn ein Theil des gebildeten Essigs durch

Ablagerung geklärt ist, wird derselbe abgelassen und durch neues Essiggut ersetzt, so daß ein Faß jahrelang unausgesetzt in Thätigkeit ist. Aller nach einer der vorgenannten Arten gewonnener Essig ist gelb gefärbt und enthält die in der zu seiner Darstellung verwendeten Flüssigkeit enthaltenen löslichen Stoffe.

Da hierbei stets in Gestalt von Schimmel der Essigpilz, Micoderma aceti, auftritt, so hielt man denselben, ähnlich wie den Hefenpilz an der geistigen Gährung, für wesentlich betheiligt an der Essigbildung und bezeichnete dieselbe auch als Essiggährung. Seine Wirksamkeit scheint jedoch keine andere zu sein, als die, welche fein pulverförmige Körper überhaupt unter gewissen Umständen ausüben, nämlich eine Ozonisirung des Sauerstoffs der Luft zu bewirken, wodurch die Oxydirung des Alkohols befördert wird. Hierfür spricht, daß Weingeistdampf auch sehr rasch in Essigsäure verwandelt wird, wenn derselbe mit sehr fein vertheiltem Platin, sogenanntem Platinmohr, in Berührung sich befindet.

Ein anderes Verfahren, um verdünnten Weingeist schnell in Essig überzuführen, die Schnellessigfabrikation, besteht darin, daß man denselben über Holzspähne gießt, mit welchen ein Faß angefüllt ist, und die ablaufende Flüssigkeit wiederholt aufgießt. Indem hier der Weingeist auf den Spähnen sich ausbreitet und langsam abtropft, kommt er mit sehr viel Sauerstoff in Berührung. Der also dargestellte Essig ist farblos und frei von anderen Bestandtheilen.

Endlich ist noch des Holzessigs zu erwähnen, der durch die trockene Destillation aus dem Holz gewonnen wird und durch einen Theergehalt braun gefärbt und von widrigem Geruch und Geschmack ist; er wird in diesem Zustand in großer Menge in den chemischen Gewerben verwendet, insbesondere auch zur Darstellung der reinen Essigsäure. Zu diesem Zweck neutralisirt man den Holzessig mit Natron, reinigt das entstandene Essigsaure Natron durch Krystallisation, zerstört durch Erhitzen desselben die Theerbestandtheile und unterwirft es mit Schwefelsäure der Destillation. Die übergehende reine Essigsäure ist farblos, von stechend erquickendem Geruch; sie erstarrt bei 0^0 zu Krystallen, die bei 16^0 schmelzen und wird daher Eisessig genannt. Mit Wasser verdünnt bildet sie den 10 Procent haltigen Essigsprit und weiter verdünnt den Tafelessig, den man gelb oder roth färbt.

Nicht selten wird der Essig durch Schwefelsäure gefälscht; man erkennt dieses, wenn eine Probe desselben mit sehr wenig Zucker versetzt in einer Untertasse bei gelinder Wärme verdunstet wird; enthielt dieselbe Schwefelsäure, so bleibt dieselbe zurück und verkohlt den Zucker zu einer schwarzen Masse.

Essigsaure Salze. In der Medicin finden Verwendung das Essigsaure Kali und das Essigsaure Ammoniak; als Beizmittel in der Färberei die Essigsauren Salze der Thonerde, des Manganoxyduls und Eisenoxyds. 174

Das Essigsaure Bleioxyd, $PbO, \overline{C_4H_6O_3} + 3HO$ oder $Pb(C_2H_3O_2)_2 + {}_3HO$, wird erhalten, wenn Bleioxyd in starkem Essig aufgelöst wird, es bildet große, farblose, säulenförmige Krystalle, die leicht verwittern und

zerfallen und einen süßlichen Geschmack besitzen, woher diese Verbindung den Namen Bleizucker erhalten hat; sie ist sehr giftig und wird wegen ihrer großen Löslichkeit in Wasser zur Darstellung anderer Bleiverbindungen und massenhaft in der Färberei verwendet. Wenn man eine Lösung von Bleizucker mit Bleioxyd erwärmt, so wird ein Theil des letztern gelöst und es entsteht das basisch Drittelessigsaure Bleioxyd, $Pb_3(C_2H_3O_2)_2$, die Auflösung desselben reagirt alkalisch und wird in der Medicin unter dem Namen Bleiessig zur Darstellung der Bleisalbe und mit Wasser verdünnt als Goulard'sches Wundwasser vielfach verwendet; sie dient ferner zur Darstellung von Bleiweiß, da sie durch Kohlensäure leicht zersetzt wird.

Die unter dem Namen Grünspahn vorkommende blaugrüne Farbe ist ein Gemenge zweier basischer Essigsaurer Kupfersalze, welches sich bildet, wenn Kupfer bei Luftzutritt mit Essigsäure in Berührung gebracht wird. Man schichtet zu diesem Zweck Kupferbleche zwischen Weintrester, in welchen sich Essigsäure bildet. Durch Auflösung von Grünspahn in Essigsäure erhält man Essigsaures Kupferoxyd, $Cu(C_2H_3O_2)_2$, sogenannten Destillirten Grünspan, in Gestalt von dunkelgrünen Krystallen. Wird eine Lösung desselben mit Arseniger Säure vermischt, so entsteht ein Niederschlag von prachtvollem, aber höchst giftigem Schweinfurter Grün, ein Doppelsalz von Essigsaurem und Arsenigsaurem Kupferoxyd.

$$\text{Buttersäure: } C_4H_8O_2 = \left.\begin{matrix} C_4H_7O \\ H \end{matrix}\right\} O.$$

175 Die Frucht der Ceratonia siliqua, das sogenannte Johannisbrod, enthält freie Buttersäure; sie ist in gewissen thierischen Absonderungen enthalten, z. B. im Schweiß, und neben anderen Fettsäuren mit Glycerin verbunden in der Butter. Sie entsteht bei verschiedenen Gährungs- und Zersetzungsprocessen, insbesondere des Zuckers, und findet sich daher häufig unter den Producten derselben, wie im Sauerkraut, sauren Gurken und Käse. Wenn man eine Zuckerlösung mit Kreidepulver unter Zusatz von faulendem Käse bei 35° einige Wochen lang stehen läßt, so bildet sich Buttersaurer Kalk, aus welchem die Buttersäure durch Schwefelsäure abgeschieden wird; sie ist flüssig, stark sauer, von widerlich ranzigem Geruch und siedet bei 157° C.; das Buttersaure Ammoniak riecht höchst widrig, schweißartig.

Valeriansäure; Capronsäure; Caprylsäure; Caprinsäure; Pelargonsäure. (Vergl. §. 171.)

176 Valeriansäure, $C_5H_{10}O_2$, findet sich in der Wurzel des Baldrians, Valeriana officinalis, im Thran der Delphine, und entsteht durch Oxydation aus dem Amylalkohol, sowie bei der Fäulniß eiweißartiger Stoffe und ist daher in dem Käse enthalten; dieselbe ist eine farblose, ölartige Flüssigkeit, von eigenthümlichem, starkem Geruch.

Capron-, Capryl- und Caprinsäure sind neben Buttersäure in der Butter, vornehmlich aber in dem Cocusöl enthalten.

Die Pelargonsäure ist in dem flüchtigen Oele enthalten, das aus einer Geraniumart, dem Pelargonium roseum, dargestellt wird.

Palmitinsäure, $C_{16} H_{32} O_2$; Stearinsäure, $C_{18} H_{36} O_2$;
Oelsäure, $C_{18} H_{34} O_2$.

Wir hatten bereits in §. 167 Veranlassung, die Zusammensetzung der Fette darzustellen als Verbindungen des Glycerins mit verschiedenen Fettsäuren, von welchen die drei vorgenannten die wichtigsten sind. 177

Die Palmitinsäure ist ein Bestandtheil fast aller Fette, insbesondere des Palmöls und japanischen Wachses; sie bildet farblose, nadelförmige Krystalle, ist unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol, schmilzt bei 62°.

Die Stearinsäure oder Talgsäure ist ebenfalls Bestandtheil der meisten Fette, insbesondere der festen thierischen Fette, die Talg genannt werden; sie bildet eine farblos glänzende, krystallinische Masse, ist unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol und schmilzt bei 69°; sie röthet blaue Pflanzenfarben.

Unsere gewöhnlichen Stearinkerzen sind ein Gemenge dieser beiden Säuren, die aus deren Masse getrennt erhalten werden, wenn man dieselbe in kochendem Alkohol auflöst und erkalten läßt. Da Stearinsäure in Alkohol schwerer löslich ist als Palmitinsäure, so krystallisirt sie zuerst aus.

Die Oelsäure, auch Oleïnsäure genannt, ist in vielen Fetten, namentlich in den flüssigen, enthalten. Sie ist eine ölartige, farb- und geruchlose Flüssigkeit, nicht flüchtig, löslich in Alkohol und Aether und erstarrt bei 4° zu einer krystallinischen Masse. Man erhält diese Säure durch Zerlegung des Oxalsauren Bleioxyds vermittelst Salzsäure.

Die Fette.

Dieselben kommen fertig gebildet vor in dem Körper der Pflanzen und der Thiere und zeigen in ihren Eigenschaften und chemischem Verhalten eine große Uebereinstimmung, gleichgültig, woher sie stammen. In den festen Fetten walten Palmitin- und Stearinsäure vor, in den flüssigen, die Oele heißen, die Oelsäure. 178

Für den Haushalt des Menschen sind die Fette ungemein wichtig. In seinen Speisen machen sie vorzugsweise den erwärmenden Bestandtheil aus, weshalb die Bewohner des höchsten Nordens außerordentliche Mengen derselben genießen. Nach ihrer Verwendung bilden die Fette folgende Gruppen:

Als Nahrungsmittel dienen: Olivenöl (Baumöl), Mohnöl, Wallnußöl, Butter, Schweineschmalz, Talg u. a. m. Als Brennmittel: Rüböl, Hanföl, Thran (Fett der im Meere lebenden Säugethiere), Talg u. a. m. Zu Seife: Baumöl, Rüböl, Hanföl, Palmfett, Cocostalg, Thran, Talg. Zu Pflastern: Baumöl, Schweineschmalz. Zu Firniß und Oelfarben: Leinöl, Wallnußöl,

Mohnöl, Hanföl. Als Schmiermittel dienen alle Fette, mit Ausnahme der vier letztgenannten.

Die Fette zeichnen sich aus durch ihre Unlöslichkeit in Wasser; nur wenige lösen sich in Weingeist, dagegen sind sie löslich in Schwefelkohlenstoff, Aether und in dem flüchtigen, Benzin genannten Oel des Steinkohlentheers; von porösen Körpern werden sie begierig aufgesaugt; ebenso von Thon- und Walkererde. Auf Papier erzeugen sie einen Fettfleck, der beim Erwärmen nicht verschwindet, denn die Fette sind durchaus nicht flüchtig. Ganz reine Fette sind im frischen Zustande geruch- und geschmacklos, allein unter dem Einfluß der Wärme und mancher chemischer Einwirkungen bilden sich in verschiedenen Fetten flüchtige Fettsäuren, welche einen meist höchst widrigen Geruch haben und von welchen die Buttersäure die bekannteste ist. Daher ist bei der Gewinnung aller zu Speise dienenden Fette und Oele stärkere Erwärmung zu vermeiden. In starker Hitze zersetzen sich die Fette in brennbare Gase (Oelgas), wobei gleichzeitig ein flüchtiger Stoff, das Acroleïn, entsteht, von furchtbarem Geruch; derselbe greift Nase und Augen an und ist in dem widrigen Dampfe enthalten, der von einem eben ausgelöschten Talglichte aufsteigt.

Die meisten Fette sind, der Luft ausgesetzt, in hohem Grade unveränderlich und bleiben jahrelang schmierig. Solche sind insbesondere die Schmieröle, wie Rüböl, Olivenöl, Mandelöl, welche überdies sich dadurch auszeichnen, daß sie zu einem Krystallbrei erstarren, wenn durch dieselben Salpetrige Säure geleitet wird. Einige Oele verdicken sich jedoch unter Aufnahme von Sauerstoff zu harzigem Firniß und werden daher trocknende Oele genannt; auch erstarren sie nicht durch Salpetrige Säure. Von diesen ist das Leinöl das wichtigste; es enthält eine eigenthümliche Fettsäure, die Leinölsäure, $C_{16}H_{28}O_2$, genannt wird. Die aus Samen gepreßten Oele enthalten stets eine gewisse Menge von Wasser und Pflanzenschleim, was ihrer Anwendbarkeit namentlich zum Brennen sehr nachtheilig ist. Durch längeres Lagern oder durch Schütteln mit etwas Schwefelsäure und nachheriges Klären durch Ruhe erhält man ein von jenen Stoffen befreites, geläutertes Oel.

Die Fette sind leichter als Wasser und schwimmen auf demselben, ohne sich damit zu vermischen. Wenn man jedoch Oel vorerst mit einem dicken Schleim von Gummi oder mit Eiweiß gehörig verrührt, so bleibt dasselbe bei nachherigem Zusatz von Wasser in Gestalt von höchst kleinen Tröpfchen in demselben vertheilt (suspendirt). Die erhaltene Flüssigkeit wird eine Emulsion genannt und hat das Ansehen einer Milch. In der That besteht die Milch der Säugethiere, der Pflanzensäfte, sowie die Mandelmilch aus Fetttröpfchen, die durch ein Bindemittel in wässeriger Flüssigkeit vertheilt gehalten werden. Bei längerm Stehen scheiden sich jedoch aus allen derartigen Gemischen die Bestandtheile.

179 **Die Seifen** sind Verbindungen der Fettsäuren mit Kali oder Natron. Man unterscheidet hauptsächlich zwei Sorten von Seifen, nämlich weiche oder flüssige, sogenannte Schmierseifen, welche aus Oelsäure und Kali bestehen,

und feste Seifen, die Talgsäure in Verbindung mit Natron enthalten. Ihre Bereitung ist im Wesentlichen dieselbe, indem jene starken Basen an die Stelle des Glycerins treten und dasselbe abscheiden. Zu diesem Zwecke verschafft sich der Seifensieder zuerst eine ätzende Lauge, indem er ein Gemenge von gebranntem Kalk und Kohlensaurem Natron mit Wasser übergießt. Durch längeres Sieden der Lauge mit dem Talge geht die Verseifung vor sich, wodurch eine gallertartige Masse, der sogenannte Seifenleim, entsteht, der eine Menge von Wasser enthält, von welchem die Seife geschieden werden muß. Man setzt deshalb Kochsalz hinzu, das mit dem Wasser eine concentrirte, schwere Auflösung bildet, die sich als sogenannte Unterlauge unten absetzt, auf welcher die darin unlösliche Seife schwimmt, die nach dem Erkalten fest wird. Je vollkommener die Verseifung und die Ausscheidung der Seife von Statten ging, um so fester und härter ist dieselbe und wird alsdann Kernseife genannt. Man kann jedoch der Seife 10 bis 50 Proc. Wasser oder schwache Lauge belassen und beim Erkalten einrühren, wodurch man die sogenannten geschliffenen und gefüllten Seifen erhält, die natürlich um so weniger Werth haben, je mehr Wasser sie enthalten. Dieser Umstand erschwert die Beurtheilung des Werthes der Seifen außerordentlich und führt zu großen Mißbräuchen im Handel. Durch Einrühren von Farben macht man marmorirte und gefärbte Seifen, was jedoch kein besonderer Vorzug derselben ist. In reinem Wasser ist die Seife löslich; ebenso in Weingeist. Gewöhnlich bildet jedoch die wässerige Lösung der Seife eine trübe Flüssigkeit, Seifenwasser, indem das Stearinsaure Natron sich leicht in ein basisches und in ein unlösliches saures Salz zersetzt, welch letzteres sich ausscheidet. Eine andere Veranlassung der Trübung ist der Kalkgehalt des Wassers.

Die Verbindung der Stearinsäure mit Kalk ist fest und im Wasser unlöslich. Wird daher Natronseife in kalkhaltiges Wasser gebracht, so entsteht unlösliche Kalkseife, die in weißen Flocken gerinnt. Solches Wasser ist folglich zum Waschen nicht tauglich, man kann es jedoch brauchbar machen, wenn man demselben etwas Kalkmilch beimischt, es klar abzieht und so lange Sodalösung zusetzt, als Trübung entsteht. Durch Säuren werden die Seifen zersetzt, indem ihre Fettsäuren als unlöslich abgeschieden werden; es beruht hierauf die Darstellung der in §. 177 angeführten Fettsäuren. Eine Seife ist um so besser, je mehr die aus derselben abscheidbare Fettsäure beträgt, je weniger an Gewicht sie beim Trocknen verliert und je geringer der Rückstand ist, den sie beim Auflösen in Weingeist oder beim Einäschern hinterläßt. Auf letztere Weise lassen sich Beimengungen von Thon, Schwerspath, Stärke, Sand, Bimsstein und dergleichen erkennen.

Die Pflaster sind Verbindungen der Oelsäure mit Bleioxyd, die erhalten werden, wenn man Oel mit Bleiglätte oder Mennige erwärmt. Bei niederer Temperatur entsteht das weiße Bleipflaster, in stärkerer Hitze dagegen das braune, das unter dem Namen Mutterpflaster bekannt ist. Reines Oelsaures Bleioxyd wird erhalten, wenn man Olivenöl mit Kalilauge verseift und das entstandene Oelsaure Kali durch Essigsaures Bleioxyd zersetzt.

180 **Die Stearinkerzen** sind ein Gemenge von Stearinsäure und Palmitinsäure. Zur Darstellung desselben bereitet man zuerst eine Kalkseife, indem Talg mit Kalkmilch verseift wird. Hierauf zersetzt man den Talgsauren Kalk durch Schwefelsäure, die mit dem Kalk zu Gyps sich verbindet und die Talgsäuren abscheidet, welche nachher durch Pressen von anhängender Oelsäure befreit und mit Zusatz von etwas Wachs zu Kerzen geformt werden. Letzteres hat den Zweck, die Durchsichtigkeit und krystallinische Beschaffenheit zu beseitigen, welche sonst die Kerzen haben würden. Als Nebenproducte werden hierbei Oelsäure und Glycerin erhalten. Die erstere wird zur Darstellung von Seifen verwerthet.

181 **Das Wachs** reiht sich in seinen Eigenschaften den Fetten an. Man trifft dasselbe als ein Product des Pflanzenreichs im Blüthenstaube und als dünnen Ueberzug der Blätter, Stengel und Früchte mancher Pflanzen, jedoch häufig durch beigesellte Harze oder Farbstoffe grün, braun oder roth gefärbt. Außerdem besitzen die Bienen das Vermögen, als Verdauungsproduct aus dem Honig Wachs zu erzeugen, welches diese kleinen Thiere sammt dem aus den Blumen eingetragenen zum Bau ihrer Zellen verwenden. Durch Einschmelzen der letzteren erhält man das rohe Wachs, von gelber Farbe und eigenthümlichem angenehmem Geruch. Es wird, in dünnen Streifen befeuchtet, dem Einfluß des Sonnenlichts ausgesetzt und dadurch vollständig gebleicht. Also gereinigt ist es farblos, geruchlos und geschmacklos, unlöslich in Wasser, schwer löslich in siedendem Weingeist, dagegen ziemlich löslich in heißem Aether.

Die Dichte des Wachses ist 0,96 und sein Schmelzpunkt bei 68° C. Aehnlich wie die Fette, besteht das Bienenwachs aus Palmitinsäure in Verbindung mit Myricyl, einem dem Glyceryl entsprechenden Körper. Das Wachs findet in der Medicin, zu Kerzen u. s. w. vielfache Anwendung. Das Baumwachs, zum Theil chinesisches oder japanesisches Wachs genannt, wird durch Auskochen der Rinde und Früchte mehrerer Bäume gewonnen und stimmt in den wesentlichen Eigenschaften mit dem Bienenwachs überein.

Die Betrachtung der Reihe der Fetten Säuren hat hiermit ihren Abschluß erhalten.

Benzoësäure: $C_7H_6O_2$.

182 Diese Säure ist fertig gebildet vorhanden in dem Benzoëharz und wird aus demselben durch Sublimation in Gestalt farbloser glänzender Nadeln von schwachem Vanillgeruch gewonnen; sie findet sich auch in dem Harn der Grasfresser und entsteht durch Umsetzung aus der Hippursäure (§. 194), sowie durch Oxydation verschiedener Kohlenwasserstoffe und des Bittermandelöls. Letzteres wird erhalten durch die Destillation zerstoßener bitterer Mandeln mit Wasser und besitzt einen eigenthümlichen, angenehmen Geruch; es ist sehr giftig, was herrührt von einem Gehalt an Blausäure, der ihm durch Behandlung mit Kalkhydrat und Eisenoxyd entzogen wird. Das gereinigte Oel besitzt noch den

Bittermandelgeruch, ist jedoch nicht giftig. Seine Zusammensetzung ist C_7H_6O; der Luft ausgesetzt nimmt es 1 Atom O auf und verwandelt sich in Benzoësäure, $C_7H_6O_2$. Dieselbe hat eine unerhebliche Verwendung in der Medicin, dagegen eine große Bedeutung für die theoretische Chemie. Von letzterer ist früher die Ansicht aufgestellt worden, daß die Benzoësäure ein sauerstoffhaltiges Radical enthalte, das Benzoyl, C_7H_5O, genannt wird. Eine andere Auffassung leitet die Benzoësäure ab von dem Radical Benzyl, C_7H_7, das in dem Toluol enthalten ist, einem flüssigen Kohlenwasserstoff, der aus dem Theer gewonnen wird. Zur Veranschaulichung dieser Ansichten dienen nachstehende Formeln, welche die Beziehungen der beiden Radicale zu anderen Verbindungen ausdrücken:

C_7H_5O = Benzoyl,

$\left.\begin{matrix}C_7H_5O\\Cl\end{matrix}\right\}$ = Chlorbenzoyl,

$\left.\begin{matrix}C_7H_5O\\H\end{matrix}\right\}$ = Benzoylwasserstoff oder Bittermandelöl,

$\left.\begin{matrix}C_7H_5O\\H\end{matrix}\right\}O$ = Benzoësäure,

C_7H_7 = Benzyl,

$\begin{matrix}C_7H_7\\H\end{matrix}$ = Benzylwasserstoff oder Toluol,

$\left.\begin{matrix}C_7H_7\\H\end{matrix}\right\}O$ = Benzylalkohol,

C_7H_6O = Benzylaldehyd oder Bittermandelöl,

$C_7H_6O_2$ = Benzoësäure.

Noch ein weiteres Interesse bietet die Benzoësäure, indem aus ihr durch Destillation mit Kalkhydrat zuerst das Benzol, C_6H_6, dargestellt worden ist, ein flüssiger Kohlenwasserstoff, der jetzt massenhaft aus dem Steinkohlentheer erhalten wird und in der chemischen Industrie eine große Rolle spielt. $C_7H_6O_2 - CO_2 = C_6H_6$.

Milchsäure: $C_3H_6O_3$.

Diese Säure ist in manchen Pflanzen- und Thierstoffen theils vorhanden, 183
theils wird sie aus solchen durch Zersetzung gebildet. Sie findet sich im Magensaft, ferner als Product der Zersetzung des Milchzuckers in der sauren Milch, in dem Safte des Sauerkrautes und bei anderen eingesäuerten Gegenständen wie Gurken. Reichlich gebildet wird die Milchsäure, wenn Zuckerlösung unter Zusatz von Kreide und faulendem Käse bei 30° C. der sogenannten Milchsäuregährung überlassen wird; bei weiterem Vorschreiten derselben entsteht jedoch Buttersäure. Sie ist nicht krystallisirbar, von stark saurem Geschmack und ohne besondere Anwendung. Doch ist sie die Ursache, daß saure Molken zum Auswaschen mancher Flecke aus Zeugen dienen. Frisches Fleisch zeigt eine schwach saure Reaction, welche vom Vorhandensein der Fleischmilchsäure herrührt, die der vorhergehenden Säure sehr ähnlich und isomer ist, jedoch durch die Löslichkeit und Krystallform ihrer Salze sich unterscheidet.

Aepfelsäure: $C_4H_6O_5$.

184 Fast alle sauren Früchte, namentlich die Aepfel und am reichlichsten die Vogelbeeren, enthalten diese angenehm sauer schmeckende Säure, welche gewöhnlich aus den letztgenannten bereitet wird. Sie ist krystallisirbar und hat keine besondere Anwendung.

Weinsäure: $C_4H_6O_6 = \left.\begin{matrix}C_4H_4O_4\\H_2\end{matrix}\right\} O_2$.

185 Auf dem Boden der Fässer, in welchen Wein vergährt, lagert sich in Gestalt von grauen Rinden der rohe Weinstein ab, eine sehr schwer lösliche Verbindung von Weinsäure mit Kali. Durch Umkrystallisiren, unter Behandlung mit Thierkohle, wird daraus der gereinigte Weinstein, der sogenannte Weinsteinrahm, Cremor tartari, gewonnen, der in der Medicin und Technik Verwendung findet. Kocht man denselben mit Kreide, so entsteht unlöslicher weinsaurer Kalk, aus welchem durch Schwefelsäure die Weinsäure abgeschieden wird.

Die Weinsäure bildet große säulen- bis tafelförmige farblose Krystalle von angenehm saurem Geschmack und wird zur Bereitung von moussirenden Getränken, als Brausepulver und in der Färberei verwendet. Sie bildet saure Salze, in welchen von den beiden Wasserstoffatomen der Constitutionsformel nur 1 Atom durch Metall vertreten ist; sodann normale oder neutrale Salze, worin beide ersetzt sind; endlich Doppelsalze, in welchen dies durch zwei verschiedene Metalle geschehen ist. Beispiele:

Saures Weinsaures Kali; (Weinstein):

$$\left.\begin{matrix}C_4H_4O_4\\H, K\end{matrix}\right\} O_2$$

Weinsaur. Kali-Natron; (Seignettesalz):

$$\left.\begin{matrix}C_4H_4O_4\\N, Na\end{matrix}\right\} O_2$$

Neutral. Weinsaur. Kali:

$$\left.\begin{matrix}C_4H_4O_4\\K_2\end{matrix}\right\} O_2$$

Weinsaur. Antimon-Oxyd-Kali; (Brechweinstein):

$$\left.\begin{matrix}C_4H_4O_4\\(S\overset{\prime}{b}O)K\end{matrix}\right\} O_2$$

Die drei letztgenannten Salze werden ebenfalls in der Medicin angewendet, insbesondere der leicht lösliche Brechweinstein, in welchem das einwerthige Antimonoxyd, $S\overset{\prime}{b}O$, als Vertreter von Wasserstoff enthalten ist.

Bernsteinsäure: $C_4H_6O_4$.

186 Wenn Bernstein stark erhitzt wird, so sublimirt diese Säure in farblosen Krystallen, deren Lösung schwach saure Eigenschaft besitzt. Dieselbe kommt auch vor bei dem Wermuth und bildet sich in geringer Menge bei der Gährung des Zuckers, durch Zersetzung des äpfelsauren Kalks und Oxydation der fetten Säuren. Früher war sie in der Medicin gebräuchlich; man benutzt das Bern-

steinsaure Ammoniak in der analytischen Chemie zur Trennung der Manganoxydulsalze von Eisenoxydsalzen, mit welch letzteren es einen gelbrothen Niederschlag bildet.

Citronensäure: $C_6H_8O_7$.

Man findet diese Säure in freiem Zustande besonders in den Citronen, 187
aber auch in den Stachelbeeren, Johannisbeeren und anderen Früchten. Dieselbe zeichnet sich durch einen angenehm sauren Geschmack aus und bildet säulenförmige Krystalle, die, wie die Weinsäure, in der Färberei angewendet werden; auch dient sie gleich jener zur Anfertigung von Limonaden, Brausepulvern und Füllungen für Gaskrüge.

Gerbsäure: $C_{27}H_{22}O_{17}$; Gallussäure: $C_7H_6O_5$.

Die Gerbsäure ist im Pflanzenreich außerordentlich verbreitet, und man kann 188
annehmen, daß alle Pflanzenstoffe, welche einen zusammenziehenden (adstringirenden) Geschmack haben, dieselbe enthalten. Es ist dies der Fall bei den Baumrinden, vorzüglich der Eichenrinde, ferner bei den Blättern des Sumachs und den Schalen oder Häuten unserer Obstfrüchte. Am reinsten und reichlichsten ist die Gerbsäure in den Galläpfeln enthalten; aus diesen dargestellt erscheint sie als ein gelbliches Pulver von höchst zusammenziehendem Geschmack; ihre sauren Eigenschaften sind gering, so daß die ebenfalls gebräuchlichen Benennungen Gerbstoff oder Tannin für dieselbe passender sind. Die Gerbsäure wird als zusammenziehendes Mittel in der Heilkunde, sowohl innerlich als äußerlich, namentlich bei Blutungen, angewendet.

Besonders hervorzuheben ist die Eigenschaft der Gerbsäure, mit den Eisenoxydsalzen eine tief violettblaue bis schwarze Verbindung zu bilden, die unter dem Namen der Tinte unstreitig eines der wichtigsten Erfordernisse unseres Jahrhunderts ist. Man bereitet Tinte, indem 6 Loth gestoßener Galläpfel mit 2 Loth schwefelsaurem Eisenoxydul und 2 bis 3 Schoppen Wasser längere Zeit gekocht werden. Man setzt zugleich 2 Loth Blauholz und 3 Loth arabisch Gummi hinzu, letzteres, um die Flüssigkeit etwas zu verdicken. Aehnliche Auflösungen dienen zum Schwarz-, Grau- oder Violettfärben der verschiedenen Zeuge.

Will man sich überzeugen, ob ein Brunnenwasser Eisen enthalte, so hängt man in ein Glas voll desselben an einem Faden über Nacht einen Gallapfel. War in dem Wasser auch nur eine Spur von Eisen, so findet man nachher den Gallapfel umgeben von einer violetten Hülle oder Zone. Schneidet man Obst mit einem Messer, so lösen die in jenem nie fehlenden Säuren etwas Eisen auf, das nachher mit der namentlich in den Schalen der Früchte enthaltenen Gerbsäure in blau oder schwarz gefärbter Verbindung erscheint. Gerbsäurehaltiger Wein, mit eisenhaltigem Mineralwasser vermengt, veranlaßt ebenfalls eine violette Färbung des Gemisches.

Die Lösungen von Leim und Gerbsäure fällen sich gegenseitig, indem bei ihrem Zusammenkommen ein farbloser, flockiger, in Wasser unlöslicher Niederschlag entsteht.

Die Gerbsäure verdankt ihren Namen der wichtigen Eigenschaft, daß sie die thierische Haut in Leder verwandelt und somit ein wesentliches Erforderniß der Gerberei ist, die wir später beschreiben.

Bemerkenswerth sind einige Zersetzungsproducte der Gerbsäure. Kocht man dieselbe mit verdünnter Schwefelsäure, so zersetzt sie sich in eine zuckerartige Substanz, Glucose genannt, und in Gallussäure, $C_7H_6O_5$. Man findet daher die Gerbsäure auch eingereiht in eine Gruppe von Körpern, die eine ähnliche Zersetzung erleiden und Glucoside heißen.

Die Gallussäure entsteht auch durch eine Art von Gährung aus der Gerbsäure, wenn man Galläpfel mit Wasser befeuchtet längere Zeit stehen läßt; sie krystallisirt in farblosen Nadeln, giebt mit Eisenoxydlösung einen schwarzen Niederschlag, fällt aber nicht die Leimlösung; den Metalloxyden, insbesondere den Silbersalzen, entzieht sie rasch den Sauerstoff, indem sie selbst dabei in eine schwarze, humusartige Substanz übergeht. In noch höherem Grade besitzt letztere Eigenschaft die Pyrogallussäure, $C_6H_6O_3$, welche durch Sublimation aus der vorhergehenden Säure erhalten wird. Auf diesem Verhalten beruht die Anwendung beider Säuren in der Photographie.

Carbolsäure (Phenylsäure, Phenol): C_6H_6O oder $\left.\begin{matrix}C_6H_5\\H\end{matrix}\right\}O$.

189 Diese Verbindung findet sich in einigen thierischen Absonderungen, z. B. im Biebergeil; sie bildet sich bei der trockenen Destillation organischer Stoffe und ist daher auch ein Bestandtheil des Steinkohlentheers, aus dem sie durch Destillation bei 120 bis 200^0 gewonnen wird. Die Carbolsäure krystallisirt in farblosen langen Nadeln, die jedoch leicht an der Luft eine röthliche Färbung annehmen und bei einem geringen Wassergehalt zu einer ölartigen Flüssigkeit zerfließen; sie reagirt nicht sauer, hat einen durchdringenden Rauchgeruch, schmeckt brennend, ist wenig löslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol und Aether, giftig.

Die Carbolsäure besitzt in hohem Grade die Eigenschaft, die Fäulniß organischer Stoffe zu verhindern und hat daher eine große Bedeutung als Conservir- und Desinficirmittel; sie bildet zahlreiche Verbindungen und Umsetzungsproducte.

b. Stickstoffhaltige organische Säuren.

Pikrinsäure, Trinitrophenol: $C_6H_3(NO_2)_3, HO$.

190 Durch Einwirkung von Salpetersäure auf Carbolsäure werden im letztern 3 At. H ersetzt durch drei Moleküle NO_2. Die also erhaltene nitrirte Verbin-

dung ist **Pikrinsäure**, welche gelbe, glänzende Krystalle bildet, die schwer löslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol und Aether sind; die Lösung reagirt sauer, ist gelb gefärbt, von sehr bitterm Geschmack und giftig.

Pikrinsäure entsteht ferner bei der Einwirkung von Salpetersäure auf verschiedene organische Stoffe und Verbindungen, insbesondere auf Indigo; sie färbt Wolle und Seide dauerhaft gelb und wird in der Färberei verwendet. Die gelben Flecken, welche entstehen, wenn Salpetersäure auf Wolle, Seide oder die Haut kommt, rühren her von gebildeter Pikrinsäure.

Sowohl für sich als auch in ihren Salzen explodirt die Pikrinsäure beim Erhitzen und es wird namentlich das **Pikrinsaure Kali** als ein Sprengmittel zur Füllung der Torpedos verwendet. Ueber die Wirksamkeit dieser gefährlichen Verbindung haben mehrfach vorgekommene furchtbare Explosionen traurige Belehrung gegeben.

Cyansäure: $CyHO$; Cyanursäure: $Cy_3H_3O_3$.

Wir haben in den vorgenannten isomeren Säuren den als **Polymerie** 191
bezeichneten Fall, wo Verbindungen von gleicher Zusammensetzung ungleiche Molekulargewichte besitzen.

Wenn Cyankalium an der Luft erhitzt wird, so nimmt es Sauerstoff auf und verwandelt sich in **Cyansaures Kali**, $KCyO$; noch rascher geschieht dies beim Erhitzen desselben mit Metalloxyden, die hierdurch reducirt werden. Aus dem entstandenen Kalisalz läßt sich jedoch die **Cyansäure** ohne Zersetzung nicht abscheiden; dieselbe wird vielmehr durch Umsetzung erhalten, wenn man Cyanursäure der Destillation unterwirft, und bildet eine farblose saure Flüssigkeit von stechendem Geruch.

Auch die **Cyanursäure** entsteht als Umsetzungsproduct beim Erhitzen des Harnstoffs in Gestalt einer weißen krystallinischen Masse.

Knallsäure: $Cy_2H_2O_2$.

Man kennt dieselbe nur in Verbindung mit Basen. Wenn 11 Thle. 192
Weingeist mit einer Auflösung von 1 Thl. Quecksilber in 12 Thln. Salpetersäure gelinde erwärmt werden, so tritt eine heftige Reaction ein und nach dem Erkalten setzen sich farblose Krystalle von **Knallsaurem Quecksilberoxyd**, $HgCy_2O_2$, ab, das schon durch einen geringen Stoß auf das Heftigste explodirt; es dient daher mit $^1/_3$ Salpeter vermischt als Zündmasse in den Zündhütchen.

Harnsäure: $C_5H_4N_4O_3$.

Diese stickstoffreiche Säure, welche 33 Proc. Stickstoff enthält, findet sich 193
im Harn des Menschen und der fleischfressenden Thiere, reichlicher in dem der Vögel und Amphibien, der niederen Thierklassen, in den Harnsteinen und in dem Bodensatz, der aus dem Harn, besonders der Fieberkranken, sich ausscheidet.

Zu ihrer Gewinnung verwendet man die weißen kugeligen Absonderungen der Schlangen, welche aus fast reiner Harnsäure bestehen; auch benutzt man hierzu den als Guano bekannten Vogelmist und erhält aus 100 Pfd. desselben 2 Pfd. reine Harnsäure. Dieselbe ist weiß, geruch- und geschmacklos, in kleinen Nadeln oder Schuppen krystallisirt, sehr schwer löslich in Wasser. Die Harnsäure hat besonderes wissenschaftliches Interesse durch die außerordentliche Menge von Zersetzungsproducten, welche aus derselben abgeleitet worden sind. Als das merkwürdigste darunter erwähnen wir das Murexyd oder Purpursaure Ammoniak, $C_8H_5N_5O_6, NH_3$, aus prachtvollen, goldgrün glänzenden Krystallnadeln bestehend, die sich in Wasser mit schöner Purpurfarbe lösen, welche durch Kali violett wird. Das Murexyd entsteht, wenn Harnsäure erst mit Salpetersäure erwärmt, abgedampft und nachher kohlensaures Ammoniak hinzugefügt wird. Dieses Verfahren dient auch als Probe zur Erkennung der kleinsten Menge von Harnsäure. Das Murexyd wird in der Färberei angewendet.

Hippursäure: $C_9H_9NO_3$,

194 findet sich im Harn der grasfressenden Säugethiere, insbesondere des Pferdes; in geringer Menge auch in dem des Menschen; sie ist in Wasser schwer löslich und krystallisirt in farblosen, schönen quadratischen Säulen und Nadeln. Beim Kochen mit verdünnten Alkalien und Säuren zersetzt sich die Hippursäure in Benzoësäure und Leimsüß oder Glycocoll.

3. Organische Basen.

195 Gewisse Pflanzenstoffe haben theils durch ihren auffallend bittern Geschmack, theils durch die bedeutenden Wirkungen, die sie auf den Körper ausüben, schon früh die Aufmerksamkeit auf sich gezogen und den Ruf werthvoller Arzneimittel erlangt. Wir erwähnen als Beispiel der Chinarinde und des Opiums. Untersuchungen der neuern Zeit zeigten jedoch, daß nicht die ganze Masse jener Substanzen die gleiche Wirksamkeit besitzt, sondern daß der größte Theil derselben aus unwirksamen Stoffen, wie Pflanzenfaser, Harz, Gummi u. s. w., besteht, während der eigentlich wirksame Bestandtheil dem Gewichte nach nur einen höchst geringen Theil derselben ausmacht.

Es gelang zuerst dem deutschen Chemiker Sertürner im Jahre 1804, aus dem Opium den wirksamen Bestandtheil auszuziehen, und alsbald entdeckte man ähnliche Stoffe auch in vielen anderen Pflanzen und erkannte, daß dieselben sich wie Basen verhalten, indem sie alkalisch reagiren und mit den Säuren farblose, deutlich krystallisirbare und vollkommen neutrale Salze darstellen. Mit Recht erhielten daher diese Verbindungen den Namen Organische Basen oder Alkaloïde.

Dieselben enthalten ohne Ausnahme Stickstoff und haben im Allgemeinen folgende Eigenschaften: sie sind farblos, geruchlos, meist von höchst bitterm

Geschmack; in Wasser sind sie schwer löslich, dagegen löslich in Weingeist und manche auch in Aether; aus ihren Lösungen werden sie durch Gerbsäure gefällt und ihre Chlorwasserstoffsauren Salze geben mit Lösungen von Quecksilber- und Platinchlorid Niederschläge von unlöslichen Doppelsalzen. Auf den Körper der Thiere und Pflanzen äußert die Mehrzahl der Alkaloïde selbst in kleinen Gaben eine sehr heftige Wirkung, so daß einige als furchtbare Gifte auftreten. Ihre Anwendung findet vorzugsweise in der Medicin Statt, die aus deren Entdeckung wesentliche Vortheile gezogen hat.

Die Darstellung der sauerstoffhaltigen Alkaloïde geschieht etwa auf folgende Weise: Der ein solches enthaltende Pflanzenstoff wird mit Wasser gekocht, das mit etwas Schwefelsäure versetzt ist. Man erhält ein lösliches Schwefelsaures Salz, welches man durch Zusatz eines Alkalis zersetzt, wodurch die schwer lösliche organische Base als Niederschlag zu Boden fällt. Sie ist alsdann noch gefärbt und wird durch Wiederauflösen in verdünnter Säure, Kochen mit Thierkohle und neues Niederschlagen so lange behandelt, bis sie vollkommen farblos ist. Auch werden die gefällten Alkaloïde durch siedenden Weingeist ausgezogen, mittels Kohle entfärbt und durch Krystallisation gereinigt. So einfach dieses Verfahren erscheint, so bietet es doch namentlich wegen der Entfernung der färbenden Stoffe in der Ausführung manche Schwierigkeit.

Die meisten Alkaloïde bestehen aus Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und sind nicht flüchtig; einige derselben enthalten jedoch keinen Sauerstoff und sind flüchtig. Hinsichtlich ihrer Constitution ist man keineswegs im Klaren und es ist auch bisher nicht gelungen, eines derselben künstlich darzustellen.

Dagegen eröffnet sich eine fast unübersehbare Reihe von künstlich erzeugten organischen Basen, die entweder bei der trockenen Destillation stickstoffhaltiger organischer Körper sich bilden, oder die entstehen, wenn die Wasserstoffatome des Ammoniaks zum Theil oder sämmtlich ersetzt werden durch gleiche oder verschiedene organische Radicale; es sind dies die bereits in §. 159 erwähnten Amine.

Alkaloïde des Pflanzenreichs. Gewisse Pflanzenstoffe enthalten Gruppen von Alkaloïden, deren gegenseitige Beziehung aus ihren Formeln unverkennbar ist. 196

Chinin, $C_{20}H_{24}N_2O_2$, und Cinchonin, $C_{20}H_{24}N_2O$, bilden, an Chinasäure, $C_7H_{12}O_6$, gebunden, die Gruppe der Alkoloïde der Chinarinden. Das Chinin, wovon einige Rinden bis 3 Proc. enthalten, krystallisirt in seidenglänzenden Nadeln, löst sich in 200 Thln. Wasser; die Lösung schillirt bläulich, schmeckt höchst bitter und wird durch Gerbstoff gefällt. Als das wirksamste Mittel gegen Wechselfieber wird das Schwefelsaure Chinin angewendet; 1 Pfd. desselben kostet 50 Gulden.

Morphin, $C_{17}H_{19}NO_3$, ferner Thebaïn, $C_{19}H_{21}NO_3$, Narcotin, $C_{22}H_{23}NO_7$, Codeïn, $C_{18}H_{21}NO_3$, Papaverin, $C_{20}H_{21}NO_4$, und Narceïn, $C_{23}H_{29}NO_9$, bilden, an Meconsäure, $C_7H_4O_7$, gebunden, die Alkaloïdengruppe des Opiums. Dasselbe enthält gegen 12 Proc. Morphin und ist eines

unserer wichtigsten Heilmittel; es krystallisirt in rhombischen Säulchen, ist sehr bitter, wirkt giftig narkotisch und bildet mit Eisenoxydsalzen in Lösung eine tiefblaue Färbung. In der Medicin wird vorzugsweise das essigsaure Morphin angewendet.

Das Strychnin, $C_{21}H_{22}N_2O_2$, und das Brucin, $C_{23}H_{26}N_2O_4$, sind in verschiedenen Theilen südamerikanischer Bäume, aus der Gattung Strychnos, enthalten und werden aus Früchten derselben, die Ignatiusbohnen und Krähenaugen heißen, dargestellt. Das Strychnin krystallisirt in vierseitigen Säulen, die mit Schwefelsäure und Chromsaurem Kali in Berührung eine schöne violettblaue Farbe annehmen; es schmeckt furchtbar metallisch bitter und ist das heftigste, das Rückenmark erregende Gift, welches Starrkrampf bewirkt und daher nur in den kleinsten Gaben medicinisch angewendet wird.

Das Caffeïn, $C_8H_{10}N_4O_2$, eine schwache Pflanzenbase, krystallisirt in feinen seidenartigen Nadeln und findet sich merkwürdigerweise nicht nur im Kaffee, sondern auch im Thee (daher auch Theïn genannt), und in dem Coca oder Paragaithee, während in der Cacaobohne das nahverwandte Theobromin, $C_7H_8N_4O_2$, angetroffen wird. Ohne Zweifel beruht es auf der Gemeinsamkeit ihres Gehaltes an Caffeïn, daß die aus den genannten Stoffen bereiteten Getränke einen so allgemein verbreiteten Gebrauch gefunden haben und Lebensbedürfnisse geworden sind. Innerlich genommen erhöht das Caffeïn die Thätigkeit des Herzens und des Gehirns, erzeugt Herzklopfen, Zittern, Aufregung; dagegen schreibt man ihm gleichzeitig einen verlangsamenden Einfluß auf die Umsetzung der Nahrungsmittel im Körper (Stoffwechsel) zu.

Die folgenden Alkaloïde, welche keinen Sauerstoff enthalten, werden durch Destillation der sie enthaltenden Pflanzentheile mit Wasser, dem etwas Kali zugesetzt ist, gewonnen.

Das Coniïn, $C_8H_{15}N$, aus dem Samen des Schierlings (Conium maculatum) dargestellt, ist ölartig flüssig, flüchtig, von durchdringendem, betäubendem Geruch und sehr giftig.

Das Nicotin, $C_{10}H_{14}N_2$, aus den Tabacksblättern (Nicotiana) erhalten, ist ebenfalls ein flüchtiges, farbloses Oel von stechendem Geruch und höchst giftig.

197 **Alkaloide des Thierreichs** kennt man nur wenige. Wenn man zerhacktes Fleisch mit kaltem Wasser stehen läßt und alsdann auspreßt, so enthält die Flüssigkeit Eiweiß, das beim Kochen derselben gerinnt und sich abscheidet; nunmehr verdampft, liefert die Flüssigkeit wasserhelle Krystalle von Kreatin, $C_4H_9N_3O_2$, einer schwachen Base, welche ein Bestandtheil unserer gewöhnlichen Fleischbrühe ist. Das Kreatin geht beim Erwärmen mit verdünnter Schwefelsäure über in Kreatinin, $C_4H_7N_3O$, eine krystallisirbare, sehr kräftige Base.

198 **Künstliche Organische Basen, Amine.** Wenn man Jodäthyl, C_2H_5J, mit Ammoniak behandelt, so entsteht Jodwasserstoffsaures Aethylamin: $C_2H_5J + NH_3 = C_2H_7N, JH$, aus welchem durch Kali das

Aethylamin, C_2H_7N oder $\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\\H\end{matrix}\right\}N$, abgeschieden wird. Dasselbe ist eine farblose, äußerst flüchtige Flüssigkeit, von durchdringendem ammoniakalischem Geruch, löslich in Wasser und von stärkeren basischen Eigenschaften als das Ammoniak; gleich letzterm bildet das Aethylamin mit den Säuren krystallisirbare Salze und Doppelsalze. Durch weitere Behandlung mit Jodäthyl läßt sich das Aethylamin überführen in:

$$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}N = \text{Diäthylamin und in } \left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\right\}N = \text{Triäthylamin.}$$

In gleicher Weise liefern auch die übrigen Alkoholradicale Amine, die theils gasförmig, theils flüchtige Flüssigkeiten sind und in ihren allgemeinen Eigenschaften dem Ammoniak sich ähnlich verhalten.

Läßt man auf Aethylamin das Jodür eines andern Alkoholradicals, z. B. Jodmethyl, CH_3J, einwirken, so entsteht Methyl-Aethylamin, $\left.\begin{matrix}CH_3\\C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}N$, und es lassen sich durch ein entsprechendes Verfahren noch weitere derartig gemischte Amine darstellen.

Von diesen also künstlich erzeugbaren Basen hat man jedoch auch einige in dem Theeröl aufgefunden, welches bei der trockenen Destillation der Steinkohle und anderer stickstoffhaltiger Körper auftritt; anderen begegnete man als Producten des Pflanzen- oder Thierreichs oder gewisser Zersetzungsprocessen organischer Stoffe.

Bis jetzt hat keine von diesen zahlreichen Verbindungen sich von erheblicher Bedeutung erwiesen, als das Phenylamin oder Anilin. Doch verdient Erwähnung das Trimethylamin, $C_3H_9N = (CH_3)_3N$, eine bei 9^0 siedende Flüssigkeit von starkem Häringsgeruch, die in der That auch reichlich in der Häringslake sich vorfindet, sowie in dem Kraut des Stinkenden Gänsefußes (Chenopodium foetidum) und in geringer Menge in der Blüthe des Weißdorns und Birnbaums.

Phenylamin oder Anilin: C_6H_7N oder $\left.\begin{matrix}C_6H_5\\H\\H\end{matrix}\right\}N.$

Bereits im Jahre 1826 wurde als Destillationsproduct aus dem Indigo 199
und 1833 in dem Steinkohlentheer ein ölartiger Körper entdeckt, der wegen seiner Eigenschaft, mit Säuren krystallisirbare Verbindungen zu bilden, Krystallin, und weil er mit Chlorkalklösung eine violette Färbung annimmt, Cyanol genannt worden ist. Derselbe erhielt später den Namen Anilin, nach dem portugiesischen Namen „Anil“ für Indigo. Allein erst mit dem Jahre 1865 beginnt dessen Verwendung zur Darstellung einer ganzen Reihe

von prachtvollen Farben, die unter dem Namen der Anilinfarben einen so hervorragenden Gegenstand der Industrie ausmachen.

Der Steinkohlentheer enthält bis $^1/_2$ Procent Anilin, das jedoch schwierig abzuscheiden ist; leichter erhält man es in reinem Zustand durch Umsetzung aus dem Benzol, C_6H_6, wie nachher gezeigt wird. Dasselbe ist eine farblose Flüssigkeit von eigenthümlichem Geruch, die bei 185° siedet, wenig löslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol und Aether. Die Lösungen des Anilins reagiren schwach alkalisch und bilden mit Säuren farblose, krystallisirbare Salze. Die kleinste Menge von Anilin erzeugt mit Chlorkalklösung die charakteristische violette Färbung.

Durch Einwirkung der Jodide der Alkoholradicale auf Anilin läßt sich eine Reihe von gemischten Aminen darstellen, wie z. B.:

Jodäthyl Anilin Aethylanilin.

$$C_2H_5J + \left.\begin{matrix}C_6H_5\\H\\H\end{matrix}\right\}N = HJ + \left.\begin{matrix}C_6H_5\\C_2H_5\\H\end{matrix}\right\}N.$$

Anilinfarben.

200 Zu ihrer Darstellung wird das zwischen 120 bis 140° aus dem Steinkohlentheer überdestillirende Theeröl verwendet. Dasselbe besteht der Hauptsache nach aus **Benzol**, C_6H_6, vermengt mit etwas **Toluol**, C_7H_8, beides flüssige Kohlenwasserstoffe. Durch Behandlung dieses Gemenges mit Salpetersäure wird dasselbe übergeführt in **Nitrobenzol**, $C_6H_5NO_4$, und letzteres liefert bei einem Zusatz von Eisenfeile und Essigsäure, indem sich Wasserstoff entwickelt, der dem Nitrobenzol den Sauerstoff entzieht, das **Rohanilin** oder **Anilinöl**. Dasselbe besitzt eine bräunliche Farbe und ist ein Gemenge von Anilin, C_6H_7N, mit Toluidin, C_7H_9N; es ist zu bemerken, daß nur ein solches die Anilinfarben liefert.

Im Allgemeinen entstehen die letzteren durch Einwirkung oxydirender Körper auf Anilinöl, unter höherm Druck und Temperatur, wobei neue, eigenthümliche ungefärbte Basen gebildet werden, wie das **Rosanilin**, $C_{20}H_{19}N_3$, und das **Mauveïn**, $C_{27}H_{24}N_4$, deren Salze jedoch kräftige Farben besitzen. Weitere Anilinfarben erhält man, wenn in diese Basen Moleküle von Phenyl oder von Alkoholradicalen an die Stelle von Wasserstoff eingeführt werden.

Die meisten Anilinfarben sind krystallisirbare Verbindungen, von eigenthümlichem Metallglanz, wenig löslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol, Holzgeist und Aether; ihre Färbekraft ist außerordentlich groß und erstreckt sich vorzüglich auf Wolle, Seide und Leder; so prachtvoll sie sind, so sehr ist zu bedauern, daß sie sich im Lichte nicht sehr haltbar erweisen.

Anilinroth oder **Fuchsin** nennt man die Salze des Rosanilins mit Salzsäure, Essigsäure oder Arseniger Säure; es bildet sich durch Einwirkung von letzterer auf Anilinöl, ist daher meist arsenhaltig und giftig; es krystallisirt in prachtvollen goldgrünglänzenden Nadeln und dient außer zum Färben zur Darstellung anderer Anilinfarben.

Anilinviolett ist ein Salz des Mauveïns, das entsteht, wenn Anilinöl durch Zweifach Chromsaures Kali und Schwefelsäure oxydirt wird.

Anilinblau entsteht, wenn ein Gemenge von Fuchsin mit Anilinöl längere Zeit erhitzt wird.

Anilingrün bildet sich, wenn Schwefelsaures Rosanilin mit Aldehyd und Schwefelsäure versetzt und erhitzt wird.

Außerdem wird noch Anilingelb — orange — braun und Anilinschwarz dargestellt. Nach meist geheim gehaltenen Methoden werden von den genannten Farben mancherlei Nüancen fabricirt und unter verschiedenen Namen in den Handel gebracht.

Auch aus anderen Kohlenwasserstoffen, wie aus dem Anthracen, $C_{14}H_{10}$, und dem Naphtalin, $C_{10}H_8$, werden durch ähnliche Methoden entsprechende Farben dargestellt.

Schließlich werde noch bemerkt, daß der rothe und violette Saft einer Meeresschnecke, Seehase (Aplysia) genannt, Anilin enthalten soll.

Indifferente organische Verbindungen. Die in dem Vor- 201
hergehenden beschriebenen organischen Verbindungen waren theils feste, krystallisirbare Stoffe, theils Flüssigkeiten von festem Siedepunkte und bestimmtem specifischen Gewichte. Dieselben verbanden sich entweder unter einander oder mit unorganischen Säuren, Basen und Elementen in festen Gewichtsverhältnissen, so daß man für ihre chemische Zusammensetzung nicht minder sichere Anhaltspunkte hatte, als dies bei den Verbindungen der unorganischen Chemie der Fall ist. Wir haben aber im Nachfolgenden eine große Reihe organischer Stoffe zu betrachten, bei welchen uns die rein chemischen Charaktere mehr und mehr verlassen, ja, welche theilweise die Merkmale der Organisation an sich tragen. Eine systematische Aufstellung der hierher gehörigen Stoffe ist deshalb nicht durchführbar, und wir begnügen uns damit, sie in einige natürliche Gruppen abzutheilen. Wenn dieselben in theoretischer Beziehung weniger Interesse bieten, so haben sie dagegen eine um so größere praktische Bedeutung, denn hier begegnen wir unseren hauptsächlichsten Nahrungsstoffen, sowie vielen anderen Stoffen der wichtigsten gewerblichen Verwendung.

4. Kohlenstoffhydrate.

Die Körper dieser Gruppe bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und 202
Sauerstoff und enthalten die beiden letzten Elemente in dem Verhältniß, in welchem dieselben mit einander Wasser bilden. Man kann somit diese Stoffe als Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasser, $C + H_2O$, betrachten und hat sie daher Kohlenstoffhydrate genannt, wiewohl ihre Zersetzungsweise einer solchen Annahme keineswegs entspricht.

Zellstoff; Cellulose: $C_6H_{10}O_5$.

203 Die Hauptmasse der Pflanzen besteht aus der Pflanzenfaser, Zellstoff oder Cellulose genannt. Dieser Stoff bildet die kleinen Zellen und Gefäße der Pflanzen, von welchen allerlei Körper eingeschlossen sind, wie Stärke, Blattgrün, Zucker, Farbstoffe u. s. w., welche jedoch durch Behandlung mit Wasser, Weingeist, Säuren und Alkalien entfernt werden können. Die Zusammensetzung der gereinigten Pflanzenfaser in 100 Thln. ist folgende: 44,4 Kohlenstoff, 6,2 Wasserstoff und 49,4 Sauerstoff. Dieselbe Zusammensetzung hat auffallenderweise auch die Haut der sogenannten Mantelthiere oder Tunicaten.

Gebleichte Baumwolle, Flachs, Hanf und das aus der Leinwand bereitete Papier stellen ziemlich reine Holzfaser dar. Dieselbe ist weder in Wasser noch in sonst einem der gewöhnlichen Lösungsmittel löslich. Eine Auflösung von Kupferoxydammoniak löst die Pflanzenfaser, z. B. Baumwolle, auf, und es läßt sich letztere hierdurch in Geweben von Seide und Wolle unterscheiden. Durch Säuren wird die Cellulose aus dieser Lösung als breiartige Masse gefällt. Von wässerigen Flüssigkeiten wird die Pflanzenfaser durchdrungen, sie vermag dieselben aufzusaugen, eine wichtige Eigenschaft, auf der die Ernährung der Pflanzen beruht. Wenn man Baumwolle, Sägespähne oder Stroh mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, so werden sie zuerst in Gummi und bei längerem Kochen in Traubenzucker umgewandelt, welch letzterer durch Gährung in Weingeist übergeführt werden kann. Durch kurzes Eintauchen in Schwefelsäure nimmt das Papier eine pergamentartige Beschaffenheit an. Erhitzt man dieselben Stoffe mit concentrirter Kalilösung, so gruppiren sich ihre Atome zu Kleesäure, Essigsäure und Kohlensäure, die mit dem Kali sich verbinden. Baumwolle, die ein kurzes Bad in Aetzlauge erhält, wird dichter, der Wolle ähnlicher und für Farbstoffe empfänglicher.

Bei der Behandlung der Baumwolle mit rauchender Salpetersäure erleidet dieselbe eine merkwürdige Veränderung, indem sie nachher die Eigenschaft besitzt, sowohl beim raschen Erwärmen auf 50 bis 75^0 R., als auch durch einen Schlag mit Heftigkeit sich zu zersetzen, so daß sie als Treibkraft zum Schießen und Sprengen benutzt werden kann und daher Schießbaumwolle oder Pyroxylin genannt wird. Man bereitet dieselbe, indem Baumwolle 4 bis 5 Minuten lang in ein Gemenge von 1 Gewichtstheil rauchender Salpetersäure mit $1^1/_2$ bis 2 Gewichtstheilen Schwefelsäure getaucht, hierauf vollkommen ausgewaschen und unter 40^0 R. getrocknet wird. In dem Pyroxylin sind 3 At. H vertreten durch 3 Aeq. NO_2 (Untersalpetersäure); es hat demnach folgende Zusammensetzung: $C_6H_7, 3(NO_2)O_5$, und dieser große Sauerstoffgehalt erklärt seine rasche und vollkommene Verbrennbarkeit.

Die Auflösung des Pyroxylins in Aether, Collodium genannt, ist eine syrupdicke Flüssigkeit, welche ausgegossen nach raschem Verdunsten des Aethers eine farblose, durchsichtige, zähe Haut hinterläßt. Es hat hierdurch eine wichtige Anwendung in der Chirurgie und Photographie gefunden.

Die Pflanzenfaser hat die Fähigkeit, sich mit manchen basischen Salzen,

namentlich mit denen der Thonerde und des Eisenoxyds, sowie auch mit Farbstoffen in der Art zu verbinden, daß die genannten Körper einen der Pflanzenfaser mehr oder weniger dauerhaft anhängenden Ueberzug bilden. Es beruht hierauf das Beizen und Färben der Leinen- und Baumwollenzeuge.

Das Holz, dessen Hauptmasse aus Pflanzenfaser besteht, ist für uns als Nutz- und Werkholz von der vielfachsten und wichtigsten Anwendbarkeit und als Brennmaterial, sowie auch durch seine Zersetzungsproducte vom wesentlichsten Nutzen. Wir werden es in letzterer Beziehung bei der Abhandlung der Zersetzung der organischen Körper einer nähern Betrachtung unterwerfen, bei welcher Gelegenheit auch von den Producten die Rede sein wird, die als Humus, Teicherde, Torf, Braunkohle und Steinkohle aus der Zersetzung der Pflanzenfaser unter verschiedenem Einfluß hervorgehen.

Stärke, Amylum: $C_6H_{10}O_5$.

Stärke oder Stärkmehl ist in sehr vielen Pflanzentheilen enthalten, wie 204
namentlich in den Samen der Getreidearten, der Hülsenfrüchte, in vielen Wurzelknollen, Kartoffeln, in dem Marke der Palmen, in Früchten, wie z. B. in den Kastanien, Eicheln, Aepfeln, ja selbst in der Rinde und im Holze der Bäume, wiewohl in geringer Menge.

Wenn solche Pflanzentheile zerrieben und mit Wasser angerührt werden, so setzt sich aus diesem die Stärke als weißer Bodensatz nieder und wird durch öfteres Waschen gereinigt und nachher getrocknet.

Die Stärke ist unlöslich in kaltem Wasser und Weingeist. Mit siedendem Wasser quillt sie zu einer gallertigen Masse auf, die unter dem Namen Kleister bekannt ist. Mit sehr viel heißem Wasser bildet die Stärke eine unvollkommene Auflösung.

Wenig geeignet, mit anderen Stoffen chemisch sich zu verbinden, bildet die Stärke mit dem Jod eine merkwürdige Verbindung von tief violetter Farbe. Dieses ist so auffallend, daß man die kleinsten Mengen von Jod durch Stärke entdecken kann und umgekehrt.

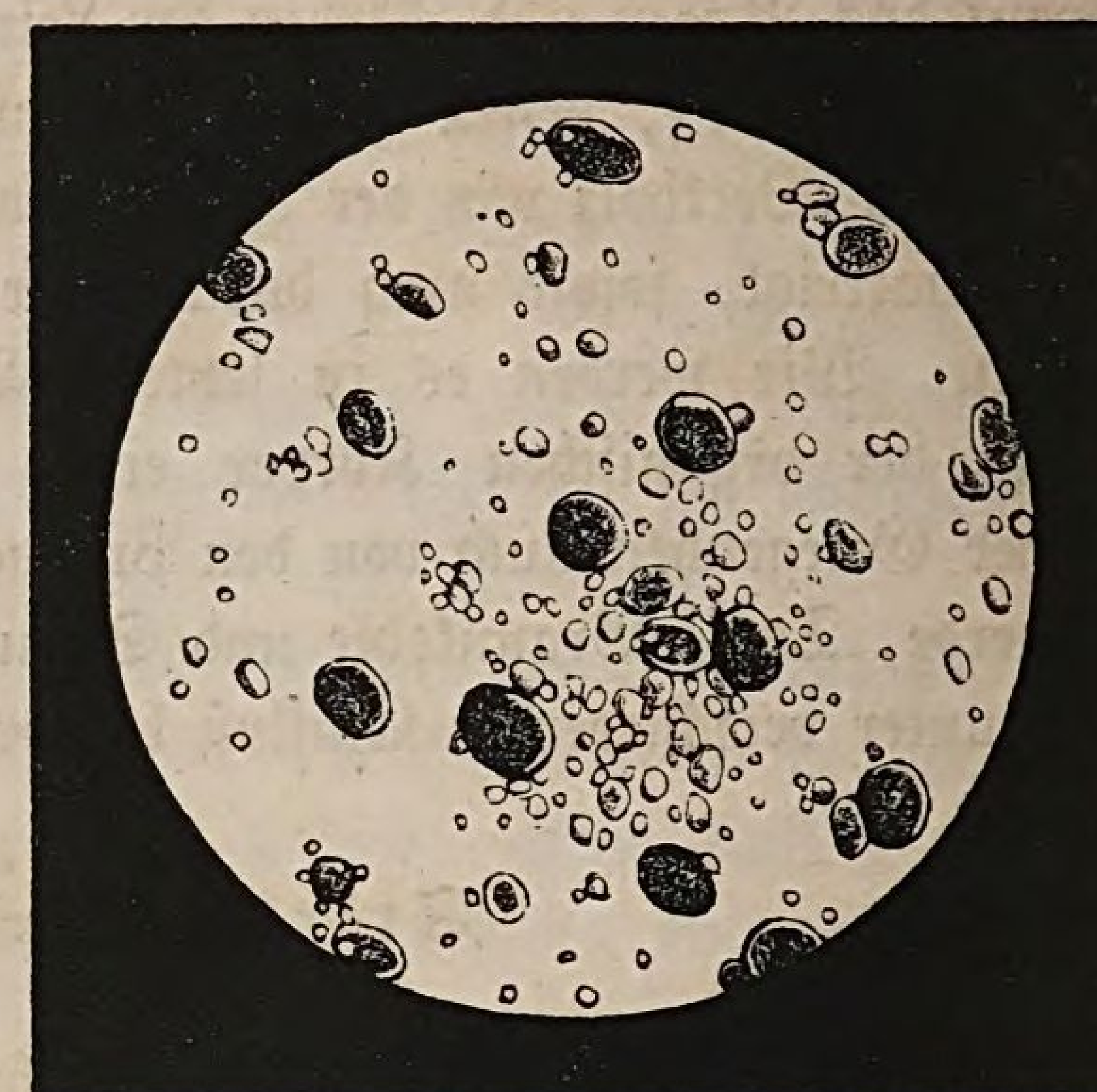
Die Stärke dient als Nahrungsmittel, zu Kleister, zum Verdicken der Farben in der Kattundruckerei, zum Steifen der Leinwand, zum Leimen des Maschinenpapiers u. s. w. Man unterscheidet je nach den Pflanzen mehrere Sorten von Stärke, als Kartoffelstärke, Weizenstärke, Reisstärke, den Sago aus dem Marke der Palmen, das Arrow-Root aus der Pfeilwurzel, die Kassawa oder Tapioka aus der Manihotwurzel, beide in Amerika gewonnen, welche Stärkearten jedoch in ihren wesentlichen Eigenschaften mit einander übereinstimmen. Es ist nicht selten von Wichtigkeit, Stärkemehle verschiedener Herkunft unterscheiden zu können, z. B. bei Fälschung des Weizenmehls durch Kartoffelmehl. Hierbei leistet das Mikroskop den wesentlichsten Dienst. Bei etwa 200facher Vergrößerung sehen wir, daß die Kartoffelstärke, Fig. 66 (a. f. S.), aus länglichen Körnchen besteht, an welchen sich zwiebelhautartig übereinander liegende Schichten erkennen lassen; die Körnchen der Kartoffelstärke zeichnen sich

überdies durch ihre Größe vor denen aller übrigen Stärkemehlsorten aus. Die Stärke aus Weizen und den übrigen Getreidearten, Fig. 67, besteht aus

Fig. 66.



Fig. 67.



linsenförmigen Körnchen, deren größere und sehr kleine ohne Mittelstufen sich beisammen vorfinden. Die Körnchen der Stärke aus Erbsen und anderen Hülsenfrüchten sind kenntlich an den eigenthümlichen, oft sternförmigen Aushöhlungen in ihrer Mitte.

Wichtig ist die Stärke durch einige ihrer Zersetzungsproducte. Etwas erhitzt, oder vielmehr bis zur hellbräunlichen Färbung geröstet, verwandelt sie sich theilweise in lösliches Gummi und wird in diesem Zustande Leiokom genannt und in der Kattundruckerei angewendet. Auf dieselbe Weise benutzt man das Stärkegummi oder Dextrin, welches entsteht, wenn Stärke, mit sehr verdünnter Schwefelsäure befeuchtet, einige Zeit erwärmt wird, und das fast alle Eigenschaften des arabischen Gummis besitzt. Dauert die Einwirkung der Säure auf die Stärke länger, so wird dieselbe endlich in Stärkezucker umgewandelt.

Durch rauchende Salpetersäure wird die Stärke in eine explodirende Substanz verwandelt.

Merkwürdigerweise enthält das gekeimte Getreide eine Substanz, welche Diastase genannt wird und die Fähigkeit besitzt, die Stärke in Gummi und Zucker zu verwandeln, ähnlich wie das mit Hülfe der Schwefelsäure geschieht. Dem Stärkemehl ähnliche Stoffe sind: das Inulin, in den Wurzelknollen der Topinambur, Dahlien, Cichorien u. a. m. enthalten, und das Lichenin oder die Moosstärke, in der Moosflechte enthalten; beide sind in kochendem Wasser löslich.

Gummi: $C_6H_{10}O_5$.

205 Obgleich das Gummi in sehr vielen Pflanzen sich findet, so wird es doch nur von wenigen zur Familie der Mimosen gehörigen Pflanzen des Orients

gewonnen, aus welchen es in Tropfen, die an der Luft erhärten, ausfließt und unter dem Namen von arabischem Gummi allgemein bekannt ist. Das reinste Gummi, Arabin genannt, ist farblos, löslich in Wasser, unlöslich in Weingeist und wird daher aus wässerigen Lösungen durch Weingeist niedergeschlagen. Es wird hauptsächlich zum Kleben, unter Farben, zum Lackiren u. s. w. benutzt, jedoch vielfach durch Stärkegummi ersetzt, das dieselbe Zusammensetzung und fast alle seine Eigenschaften besitzt. Mit concentrirter Salpetersäure behandelt, bildet das arabische Gummi die Schleimsäure, während Stärkegummi durch dieselbe in Kleesäure zersetzt wird. Es muß bemerkt werden, daß wohl auch andere trockne Pflanzensäfte Gummi genannt werden, allein in chemischer Hinsicht versteht man unter diesem Namen nur das eben beschriebene. Dem Gummi reihen sich an:

Der Pflanzenschleim, in vielen Pflanzenstoffen enthalten, welchen er 206
die Eigenschaft ertheilt, mit Wasser aufzuquellen und eine zähe, schleimige Flüssigkeit zu bilden, die zu manchen Zwecken, am häufigsten als besänftigendes Mittel bei Husten und Brustleiden, dient. Stoffe, die fast ganz aus trocknem Pflanzenschleim bestehen, oder die sehr viel enthalten, sind: das Tragantgummi, das Kirschgummi, die Salepwurzel, die Caraghenflechte, der Leinsamen, die Quittenkerne, die Eibischwurzel.

Die Pflanzengallerte, auch Pektin genannt, ist in dem Safte der meisten Früchte und Wurzeln enthalten. Wird ein solcher Saft, z. B. Himbeersaft, mit Zucker gekocht, so bildet das Pektin die sogenannte Gelee; werden derartige Säfte mit Weingeist versetzt, so scheidet sich die Gallerte als durchsichtige Masse ab.

Zucker.

Zucker nennen wir Kohlenstoffhydrate, die einen süßen Geschmack haben, 207
in Wasser und Weingeist löslich sind und durch Gährung in Weingeist und Kohlensäure zersetzt werden. Der Zucker ist außerordentlich verbreitet, namentlich im Pflanzenreich. Es giebt mehrere Zuckerarten, die sich durch Wassergehalt, Krystallisirbarkeit und Verhalten gegen polarisirtes Licht unterscheiden, nämlich: Rohrzucker, Traubenzucker und Milchzucker.

Der Rohrzucker, $C_{12}H_{22}O_{11}$, ist die bekannteste dieser Zuckerarten, die auch immer gemeint ist, wenn im gewöhnlichen Leben von Zucker die Rede ist. Er hat seinen Namen vom Zuckerrohr, worin er am reichlichsten enthalten ist und das ihn früher ausschließlich lieferte; allein er findet sich auch in vielen anderen Pflanzen, insbesondere in dem Safte der Zuckerrübe und des Ahorns; ferner in den Stengeln des Mais, der Zuckerhirse, in den Kürbissen u. a. m.

Das auf den Zuckerpflanzungen Ost- und Westindiens angebaute Zuckerrohr enthält etwa 18 Proc. Zucker; es wird zerquetscht, ausgepreßt und der Saft mit Kalkmilch versetzt, erhitzt, durch Ruhe geklärt und hierauf möglichst schnell eingedampft, damit er nicht in Gährung gerathe. Der Zusatz von Kalk bezweckt die Entfernung des im Safte enthaltenen Eiweißes, sowie der Pflanzen-

säuren. Man erhält auf diese Weise den Rohzucker, der je nach der Sorgfalt seiner Bereitung ein gelbes oder braunes feuchtes Pulver darstellt, das zugleich einen unangenehmen Geruch und einen Beigeschmack hat. Zur Entfernung dieser Uebel muß der Zucker raffinirt werden, was meistens in Europa in großen Raffinerien geschieht.

Die Farbe des Rohzuckers rührt sowohl von beigemengten färbenden Stoffen als auch daher, daß der an und für sich weiße Zucker während des Abdampfens eine wesentliche Veränderung erleidet, indem er theilweise in eine braun gefärbte, nicht krystallisirbare Zuckerart, in sogenannten Schleimzucker, sich verwandelt. Man löst deshalb den Rohzucker in einer geringen Menge Wasser auf und kocht ihn längere Zeit mit Thierkohle (Beinschwarz), wodurch er großentheils entfärbt wird. Man läßt nachher die Flüssigkeit durch Säcke von Filz laufen, wodurch die feinen Kohletheilchen jedoch nicht vollständig abgeschieden werden. Damit dieses geschehe, kocht man die Zuckerlösung mit Eiweiß oder mit Blut, das auch Eiweiß enthält. Indem dieses letztere gerinnt, nimmt es alle im Zucker noch schwebenden Unreinigkeiten hinweg, so daß die Flüssigkeit jetzt vollständig geklärt erscheint, worauf sie im Siedekessel bis zum Krystallisationspunkte eingedampft wird. Jetzt bringt man den Zucker in kegelförmige Formen, die an der Spitze eine Oeffnung haben. Alsbald erhärtet der Zucker zu kleinen körnigen Krystallen, während der im Verlaufe des Kochens gebildete Schleimzucker als eine dunkelbraune, schmierige Masse in ein untergestelltes Gefäß abfließt und unter dem Namen Zuckersyrup, holländischer Syrup oder Melasse mehrfache Verwendung findet. Da von diesem färbenden Syrup immer noch ein wenig in dem Zucker hängen bleibt, so wird dieser ausgewaschen, indem man etwas Wasser allmälig durch denselben sickern läßt. Auch reinigt man den Rohzucker durch den in §. 68 der Physik beschriebenen Centrifugalapparat. Man nimmt nachher den sogenannten Zuckerhut aus der Form und trocknet ihn, worauf er als weißer Zucker oder Melis in den Handel kommt. Kocht man den Zucker weniger stark ein und stellt man ihn längere Zeit in eine warme Kammer, so bildet er große gelbe oder braune Krystalle und wird in dieser Form Kandis genannt.

Bei der Zuckerfabrikation ist hauptsächlich darauf zu sehen, daß möglichst wenig Syrup gebildet wird, weil dieser nur einen geringen Werth hat. Deshalb sucht man das Abdampfen möglichst zu beschleunigen und namentlich unter Ausschluß der atmosphärischen Luft und bei niederer Temperatur vorzunehmen, indem man die in dem verschlossenen Siedekessel, der sogenannten Vacuumpfanne, gebildeten Wasserdämpfe durch eine Luftpumpe entfernt.

Im Jahre 1747 machte der Chemiker Marggraf in Berlin die Entdeckung, daß in der Runkelrübe derselbe krystallisirbare Zucker enthalten sei, wie in dem Zuckerrohr. Am reichsten an Zucker ist die weiße schlesische Runkelrübe, daher auch Zuckerrübe genannt, deren Gehalt durchschnittlich 10 Proc. Zucker beträgt, unter günstigen Culturverhältnissen sogar auf 12, ja auf 14 Proc. steigt. Der Rübensaft enthält jedoch außer Zucker beträchtliche Mengen von eiweißartigen Stoffen und Salzen, wodurch die Gewinnung des Zuckers

aus demselben so erschwert wird, daß anfänglich alle zu diesem Zwecke errichteten Fabriken zu Grunde gingen. Die Fortschritte der Physik und Chemie haben jedoch allmälig alle Hindernisse besiegt und in Deutschland und Frankreich wird gegenwärtig der größte Theil des Zuckerbedarfs aus Rüben erzeugt. Man schätzt die jährliche Zuckererzeugung aus Zuckerrohr auf 55 Millionen Centner; aus Zuckerrüben auf 16 Millionen Centner, von welch letzteren allein 4 Millionen Centner auf den Zollverein kommen, innerhalb dessen der jährliche Zuckerbedarf durchschnittlich 8 Pfund für den Kopf beträgt.

Die Fabrikation des Zuckers aus Rüben ist im Wesentlichen der oben beschriebenen aus dem Zuckerrohr ähnlich. Die Rüben werden hierbei entweder zerrieben, ausgepreßt und der Saft weiter verarbeitet, oder sie werden in Scheiben zerschnitten, mit Wasser ausgezogen, oder man schneidet sie in Stücke und trocknet dieselben. Im letztern Falle lassen sie sich lange aufbewahren und durch wenig Wasser ausziehen. Die Melassen der Rübenzuckerfabriken werden zur Gewinnung von Weingeist aufgearbeitet; aus dem Rückstande der Destillation wird Pottasche gewonnen. Die ausgepreßten Rüben dienen als Dünger, Viehfutter und zur Papierfabrikation.

Der reinste Rohrzucker krystallisirt in wasserhellen, schiefen Säulen von 1,6 spec. Gew. Mit Kalk, Baryt und einigen anderen Metalloxyden bildet er Verbindungen, die in Wasser löslich sind. Ueber 200° C. erhitzt, verwandelt er sich in eine geschmacklose braune Masse, Caramel, $C_{12}H_9O_9$, genannt, welche mit intensiv gelber bis brauner Farbe in wässerigen Flüssigkeiten löslich ist, und zum Färben des Weines u. a. m. gebraucht wird.

Der Traubenzucker, $C_6H_{12}O_6 + 2H_2O$. Diese Zuckerart ist in dem 208
Safte der Trauben, in süßen Früchten, im Honig, sowie in geringer Menge in verschiedenen thierischen Flüssigkeiten, z. B. im Blut, enthalten; Traubenzucker entsteht ferner aus Rohrzucker, Stärke, Gummi und Pflanzenfaser durch Einwirkung verdünnter Säuren, und wird daher auch Stärkezucker (Kartoffelzucker) genannt. Zur Darstellung desselben werden 2 Thle. Schwefelsäure mit 300 bis 400 Thln. Wasser verdünnt, zum Sieden erhitzt und hierauf 100 Thle. Stärke eingetragen, die man vorher mit Wasser angerührt hatte. Es bildet sich anfänglich Dextrin, welches bei längerem Kochen in Zucker übergeht. Diese Umwandlung ist möglichst vollständig geschehen, wenn 1 Thl. der Flüssigkeit mit 6 Thln. absolutem Alkohol keinen Niederschlag erzeugt, sondern nur eine schwache Trübung. Durch Kohlensauren Baryt oder Kalk wird die zugesetzte Schwefelsäure entfernt, hierauf geklärt und eingedampft.

Reiner Traubenzucker ist farblos, in Körnchen krystallisirend, weniger löslich und weit weniger süß als der Rohrzucker; er dient zur Weinfabrikation und zum Fälschen des Melis. Am wichtigsten wird jedoch der Traubenzucker durch die Gährungsproducte, in welche der bei weitem größte Theil desselben übergeführt wird. Die blaue Lösung von Schwefelsaurem Kupferoxyd mit Traubenzucker und Kali erhitzt, verliert ihre Farbe, indem das Kupferoxyd zu rothem Kupferoxydul reducirt wird.

Schleimzucker oder Glucose nennt man unkrystallisirbaren Zucker,

der im Syrup, Honig und süßen Früchten neben anderen Zuckerarten enthalten ist.

Der Milchzucker, $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$, ist in der Milch der Säugethiere enthalten und wird aus den süßen Molken gewonnen; er ist schwer löslich, von geringer Süßigkeit und nicht leicht in Gährung zu versetzen; in der Milch geht er leicht in Milchsäure über.

Glucoside.

209 Mit diesem Namen bezeichnet man zahlreiche, in verschiedenen Pflanzen vorkommende Verbindungen, die durch Einwirkung von Säuren, Alkalien und insbesondere von Gährungserregern (Fermenten) zerfallen in Traubenzucker und andere Körper. Es gehören hierher viele der sogenannten Bitterstoffe, Farbstoffe u. a. m., wie auch das bereits angeführte Tannin (Gerbesäure), das mit verdünnter Schwefelsäure behandelt in Gallussäure und Zucker zerfällt. Weiter bemerkenswerth sind:

Das Salicin, $C_{13}H_{18}O_7$, farblose, bitterschmeckende Krystalle bildend, in der Weidenrinde enthalten, zerfällt in Berührung mit dem Ferment der Mandelmilch in Traubenzucker und Saligenin, $C_7H_8O_2$.

Das Amygdalin, $C_{20}H_{27}NO_{11} + 3H_2O$, kommt in den Kernen des Steinobstes vor und wird durch Behandeln der vom Oel durch Auspressen befreiten bitteren Mandeln in Gestalt von farblosen Krystallen erhalten; in Berührung mit Mandelmilch zerfällt es in Zucker, Bittermandelöl und Blausäure:

$$C_{20}H_{27}NO_{11} + 2H_2O = 2C_6H_{12}O_6 + C_7H_6O + CNH.$$

Mannit oder Mannazucker, $C_6H_{14}O_6$, ist der Hauptbestandtheil der Manna, eines süßschmeckenden Stoffes, der reichlich von der Manna-Esche ausgeschwitzt wird und auch in anderen Pflanzen, vorzüglich in Pilzen, sich vorfindet; für sich nicht gährungsfähig, wird derselbe unter besonderen Umständen in gährungsfähigen Zucker übergeführt. Mit Salpetersäure behandelt, bildet er das explosive Nitromannit, $C_6H_8(NO_2)_6O_6$.

5. Aetherische Oele.

210 Die Aetherischen Oele kommen im Pflanzenreiche gebildet vor und sind in der Regel die Ursache des eigenthümlichen Geruches der verschiedenen Theile derselben, insbesondere der Blüthen, Blätter und Früchte, wo sie gewöhnlich als kleine Tröpfchen in sogenannten Drüsen eingeschlossen sind. Alle diese Oele sind flüssig, und im reinsten Zustande sind die meisten farblos. Sie haben einen durchdringenden, mit wenig Ausnahmen angenehmen Geruch und einen brennenden Geschmack. Auf Papier machen sie einen Fettfleck, der jedoch nach einiger Zeit wieder verschwindet, denn diese Oele sind flüchtig. In Wasser sind sie sehr wenig löslich, dagegen leicht löslich in Weingeist, Aether und Fetten. Hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung bilden sie mehrere Gruppen, in-

dem die meisten Oele, der Formel $C_{10}H_{16}$ entsprechend, nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen, während die der anderen Gruppen außer diesen Bestandtheilen noch Sauerstoff und einige wenige Schwefel oder Stickstoff enthalten.

Aus der Luft nehmen die ätherischen Oele Sauerstoff auf, verdicken und verwandeln sich in saure oder in harzige Körper. Diese Oxydation ist begleitet von Ozonbildung, was sich daran erkennen läßt, daß die Korkstöpsel der Flaschen gebleicht werden, welche ätherische Oele enthalten; Ozonpapier in eine theilweise mit Terpentinöl gefüllte Flasche gebracht, wird blau. Aus manchen Oelen scheidet sich, namentlich bei einiger Kälte, ein fester krystallinischer Theil aus, den man das Stearopten des betreffenden Oels nennt. Ihre Anwendung ist mannichfaltig. Die Stoffe, in welchen sie enthalten sind, werden häufig als Gewürze, zu geistigen Getränken, Likören, zu wohlriechenden Wassern und als wirksame Arzneimittel angewendet, zu welchen Zwecken die Oele selbst in gleicher Weise dienen können.

Die Darstellung der ätherischen Oele geschieht meistens durch Destillation großer Mengen eines riechenden Pflanzenstoffs mit Wasser oder mit Wasserdampf. Auf dem überdestillirten Wasser schwimmt alsdann das leichtere Oel.

Als besonders bemerkenswerth erwähnen wir:

Das Terpentinöl, $C_{10}H_{16}$, welches in allen Theilen unserer Nadelhölzer enthalten ist; sein specif. Gew. ist 0,864, sein Siedepunkt bei 160°. Dieses Oel ist insbesondere wichtig durch seine Fähigkeit, viele Harze aufzulösen und mit denselben schnell trocknende Firnisse zu bilden. Ebenso ist das Terpentinöl das gewöhnliche Lösungs- und Verdünnungsmittel des Leinölfirnisses bei Oelfarben, namentlich in der Malerei. Wie alle ätherischen Oele ist es sehr leicht entzündlich und verbrennt mit stark rußender Flamme. Das durch Destillation gereinigte Terpentinöl ist wasserhell und wurde unter dem Namen Camphin zur Beleuchtung verwendet.

Zu Parfümerien dienen hauptsächlich: das Citronenöl, aus der Schale der Citrone, das Bergamottöl, aus der Schale der Bergamott-Citrone durch Auspressen gewonnen; das Orangeblüthöl; das Lavendelöl; das Bittermandelöl (s. §. 128); das Rosenöl, welches im Orient bereitet wird und sehr kostbar ist; das Nelkenöl, aus den Gewürznelken; das Zimmtöl, dessen Hauptbestandtheil der Zimmtaldehyd, C_9H_8O, ist, der an der Luft zu Zimmtsäure, $C_9H_8O_2$, sich oxydirt.

Als gewürzhaften Zusatz zu Branntwein und Likören benutzt man das Wachholderöl, das Anisöl (hauptsächlich aus Anis-Stearopten, $C_{10}H_{12}O$, bestehend, das Fenchelöl, Kümmelöl, Zimmtöl, Nelkenöl und Pfeffermünzöl.

Von den zu Arzneimitteln dienenden Oelen ist das Kamillenöl durch seine schön dunkelblaue Farbe ausgezeichnet.

Aus China und Japan erhalten wir den Campher, $C_{10}H_{16}O$, wo er als ein Stearopten im Stamm des Campherlorbeers sich abscheidet und durch Sublimation aus dem Holz desselben gewonnen wird; er ist farblos, krystallinisch, flüchtig und von eigenthümlichem Geruch und findet vielfach Anwendung in der

Medicin, sowie als Schutzmittel gegen Motten. Ein campherartiger, sehr angenehm riechender Stoff ist das Cumarin, $C_9H_6O_2$, welches sich in der Tonkabohne, in dem Ruchgras, Steinklee und in dem Waldmeister findet.

Schwefelhaltige ätherische Oele. Hierher gehören: das durch Destillation aus der Zwiebel und dem Knoblauch erhaltene reizende Oel, auch Schwefel-Allyl, $(C_3H_5)_2S$, genannt; das ätherische Senföl oder Schwefelcyan-Allyl, C_3H_5, CyS, welches noch Stickstoff enthält; beide sind giftig.

6. Kohlenwasserstoffe.

211 Die Kohlenwasserstoffe spielen in der organischen Chemie eine bedeutende Rolle, sei es, daß dieselben, wie viele Aetherische Oele, unmittelbare Producte des Pflanzenreichs sind, oder daß sie, wie das Sumpfgas, CH_4, aus der freiwilligen, oder wie das Aethylen, C_2H_4, aus der Zersetzung organischer Stoffe durch die Hitze, der sogenannten trocknen Destillation, hervorgehen. Insbesondere ist es die letztere, welcher eine Reihe von Kohlenwasserstoffen ihre Entstehung verdankt, die in neuerer Zeit ausgedehnte technische Verwendung gefunden haben. Auf die Bedeutung der Kohlenwasserstoffe, insofern sie als Ausgangspunkte wichtiger homologer Verbindungsreihen dienen, ist in §. 154 bereits hingewiesen worden.

212 Das Benzol, C_6H_6, hat seinen Namen daher, daß Benzoësäure, $C_7H_6O_2$, mit gebranntem Kalke vermengt der Destillation unterworfen zerfällt in Kohlensäure und Benzol; es entsteht ferner bei der trocknen Destillation vieler organischer Stoffe. Man gewinnt es im Großen aus dem Steinkohlentheer, indem man diesen der Destillation unterwirft. Von dem unter 200° übergehenden leichten Steinkohlentheeröl, auch Benzin genannt, wird durch nochmalige Destillation zwischen 80 bis 90° das Benzol abgeschieden. Dasselbe ist farblos, von eigenthümlich ätherischem Geruch, siedet bei 82° und erstarrt bei 4°; es ist ein vorzügliches Lösungsmittel für Oele, Fette und Harze, weshalb das Benzin zur Firnißbereitung sowie auch als Fleckenwasser dient.

Die in naher Beziehung zum Benzol stehende Carbol- oder Phenylsäure, C_6H_6O, haben wir bereits in §. 189 beschrieben.

Wird Benzol mit rauchender Salpetersäure behandelt, so erhält man das Nitrobenzol, C_6H_5, NO_2, eine gelbliche ölartige Flüssigkeit, welche einen angenehmen Bittermandelgeruch besitzt und daher als künstliches Bittermandelöl oder Essence de Mirban in der Parfümerie verwendet wird. Wichtiger ist das Nitrobenzol für die Anilinfabrikation.

Dem rohen Benzol sind nahverwandte Kohlenwasserstoffe beigemengt, wie das Toluol, C_7H_8, das man betrachtet als Benzol, in welchem 1 At. H ersetzt ist durch Methyl $= C_6H_5, CH_3$, während im Xylol, C_8H_{10}, durch dasselbe Radical 2 At. H vertreten sind $= C_6H_4, 2\,CH_3$. Wir haben erfahren, daß nur das toluolhaltige Benzol Anilinfarben liefert.

Das Kreosot ist eine ölartige, farblose Flüssigkeit von eigenthümlichem

Rauchgeruch; es siedet bei 203° und ist giftig. Gewonnen wird es aus dem Buchenholztheer und wird ähnlich wie die Carbolsäure als Conservirmittel benutzt, wie dies schon die altherkömmliche Zubereitung des Rauchfleisches bethätigt. Das Kreosot ist ein Gemenge von Guajacol, $C_7H_8O_2$, und Kreosol, $C_8H_{10}O_2$, deren Formeln nahe Beziehungen zum Toluol und Xylol erkennen lassen.

Steinöl, Erdöl, Petroleum. Bereits im Alterthum war das an 213
vielen Orten zu Tage tretende Steinöl bekannt. Große Bedeutung und allgemeine Verwendung als Leuchtmittel erhielt es jedoch erst, seitdem man in Nordamerika unerschöpfliche Quellen desselben theils aufgefunden, theils erbohrt hat. Das rohe Steinöl ist von sehr ungleicher Beschaffenheit, hell und dünnflüssig bis schwarz und dickflüssig. Dasselbe ist ein Gemenge von vielen Kohlenwasserstoffen der homologen Reihe $C_nH_n + 2$ (§. 153), deren Anfangsglieder zwar gasförmig, aber gelöst in den flüssigen, höheren sind. Außerdem enthält das Steinöl Paraffin gelöst und erweist sich unveränderlich gegen die Einwirkung starker Säuren und Alkalien.

Das Raffiniren oder Reinigen des Steinöls geschieht, indem es, meist nach vorheriger Behandlung mit Natron und Schwefelsäure, der Destillation unterworfen wird. Der flüchtigere, unter 120° überdestillirende Theil wird Petroleumäther, auch Naphta oder Ligroin genannt; er siedet bei 45°, sein specif. Gew. ist 0,715 und er wird technisch wie Terpentinöl verwendet. Wegen seiner leichten Entzündlichkeit ist er gefährlich und zur Beleuchtung nur in Lampen von besonderer Einrichtung verwendbar. Das hierzu gewöhnlich verwendete Steinöl ist farblos bis gelblich, von 0,81 specif. Gew., siedet bei 150° und darf sich nicht entzünden, wenn eine Probe davon in eine Schale gegossen mit einer Flamme in Berührung kommt.

Vulkanöl oder Lubricatingöl nennt man den als Maschinenschmiere dienenden, bei höherer Temperatur überdestillirenden dickflüssigen Theil des Steinöls.

Paraffin. Wenn rohes Steinöl oder Theer von verschiedener Abkunft 214
der Destillation unterworfen werden, so scheidet sich aus dem zuletzt übergehenden öligen Theile beim Erkalten Paraffin ab. Durch Pressen und Behandeln mit Schwefelsäure gereinigt, ist es farb- und geruchlos, krystallinisch und schmilzt bei 45 bis 65°; es wird weder von Säuren noch Alkalien angegriffen und dient hauptsächlich als Zusatz zur Stearinsäure bei der Fabrikation von Kerzen. Gleich dem Steinöl ist es ein Gemenge von Kohlenwasserstoffen der Reihe $C_nH_n + 2$, jedoch solcher mit hohem Kohlenstoffgehalt.

Das Naphtalin, $C_{10}H_8$, bildet sich bei der trocknen Destillation orga- 215
nischer Körper und ist reichlich im Steinkohlentheer enthalten; es ist farblos, großblättrig krystallisirend, von dem eigenthümlichen Geruch, den der Kienruß besitzt, der etwas Naphtalin enthält; es schmilzt bei 79° und siedet bei 218°. Für die wissenschaftliche Chemie ist das Naphtalin bemerkenswerth wegen vieler Verbindungen und Zersetzungen, die es mit Chlor, Salpetersäure und Schwefelsäure eingeht; für die Technik verspricht es Bedeutung zu erlangen, da es mit

Oxydationsmitteln behandelt eine ähnliche Reihe von Farben liefert wie das Anilin.

Auch das Anthracen, $C_{14}H_{10}$, findet sich in dem Steinkohlentheer und zwar in dem bei der höchsten Temperatur siedenden Theile desselben; es bildet farblose, kleine, seidenglänzende Krystalle, die bei 213° schmelzen und bei 300° sieden. Durch Salpetersäure wird das Anthracen oxydirt zu Anthrachinon, $C_{14}H_8O_2$, in welches weitere 2 At. Sauerstoff eingeführt werden können, wodurch es sich in Alizarin, $C_{14}H_8O_4$, verwandelt, einen in der Krappwurzel enthaltenen rothen Farbstoff.

216 Das Kautschuk, auch Federharz oder Gummi-elasticum genannt, ist in dem Milchsaft vieler Pflanzen enthalten, besonders reichlich in dem verschiedener Bäume aus den Gattungen Ficus und Siphonia in Ostindien und Südamerika. Durch Eintrocknen des Saftes wird das Kautschuk in Gestalt von Flaschen oder Tafeln erhalten, in der Regel schwarz gefärbt durch Rauch. Gereinigt ist es farblos, völlig amorph und entspricht in seiner Zusammensetzung der Formel $C_{10}H_{16}$; es ist höchst elastisch, verliert jedoch diese Eigenschaft in der Kälte; es ist löslich in Schwefelkohlenstoff und in Benzin. Lange Zeit beschränkte sich die Verwendung des Kautschuks lediglich auf das Wegwischen von Bleistiftstrichen. Seitdem man jedoch demselben durch einen Zusatz von etwa 10 Proc. Schwefel die Eigenschaft zu ertheilen lernte, in jeder Temperatur völlig elastisch zu bleiben, dient es nunmehr als sogenanntes Vulkanisirtes Kautschuk zur Anfertigung zahlreicher Gegenstände, insbesondere zu Röhren, Bällen, Ueberschuhen und wasserdichten Zeugen. Ein stärkerer Zusatz von Schwefel und anderer Stoffe, wie Thon, Schwerspath, verwandelt das Kautschuk in Ebonit oder hornisirtes Kautschuk, das dem Horn sehr ähnlich ist und gleich diesem verarbeitet wird.

Das Guttapercha, ebenfalls ein Kohlenwasserstoff, wird aus dem Milchsaft der Isonandra Gutta, einem Baum der Sundainseln, gewonnen; es erscheint in Schnitzeln, die Lederabfällen ähnlich sind, und in Blöcken, die faulem Holz gleichen; es ist durchaus nicht elastisch, erweicht beim Erwärmen und läßt sich alsdann in beliebige Formen kneten und pressen, die nach dem Erkalten sich bleibend erhalten. Hierauf beruht die nützliche Verwendung des Guttapercha in der Dentistik, sowie zur Herstellung vertiefter Abdrücke von Holzstichen, behufs galvanoplastischer Nachbildungen derselben. Auch dient es als Zusatz zu den Kautschukcompositionen. Lösungsmittel desselben sind Schwefelkohlenstoff und Benzin. Da es von anderen Flüssigkeiten, namentlich von starken Säuren und Alkalien, nicht angegriffen wird, so dient es auch zur Herstellung von Geräthen für manche technisch-chemische Arbeiten.

7. Harze.

217 Die Harze sind Producte des Pflanzenreichs und stehen in naher Beziehung zu den ätherischen Oelen, die, der Luft ausgesetzt, Sauerstoff aufnehmen,

sich verdicken und in Harze verwandeln. Die gemäßigten Erdstriche bringen nur wenige Harze hervor, während die warmen Länder Harze in großer Mannichfaltigkeit erzeugen, wovon viele für sich oder in ihren Zersetzungsproducten wohlriechend sind und als Parfümerie und Räucherwerk dienen.

Manche Harze enthalten ätherisches Oel und sind weich oder dickflüssig, die meisten sind fest, amorph, unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol, Aether, ätherischen Oelen und Benzin. Beim Verdunsten der Lösungen hinterbleiben die Harze und liefern die einen glänzenden Ueberzug bildenden Firnisse, zu deren Herstellung die Harze ihre wichtigste Verwendung finden.

Hinsichtlich ihrer Zusammensetzung bestehen die Harze vorherrschend aus Kohlenstoff und Wasserstoff, mit einem geringen Gehalt an Sauerstoff, und verbrennen daher mit stark rußender Flamme. Sie verhalten sich als schwache Säuren und bilden mit den Alkalien Harzseifen, die vorzugsweise bei der Fabrikation des Maschinenpapiers verwendet werden. Durch starke Säuren werden die Harzsäuren aus den Seifen in krystallinischem Zustande abgeschieden. Von einigen Harzen macht auch die Medicin Gebrauch.

Der Terpentin, welcher aus den verschiedenen Tannen, namentlich aus 218
der Lärche, ausfließt, ist ein Gemenge von flüchtigem Oel und Harz und daher weich. Man destillirt ihn mit Wasser und erhält das Terpentinöl, während ein braunes Harz zurückbleibt, das unter dem Namen Colophonium bekannt ist. Trocknet der Terpentin an der Luft ein, so liefert er das gelbe Fichtenharz, welches geschmolzen und gereinigt auch weißes Pech oder Faßpech genannt wird. Durch das Schwelen, d. i. Ausschmelzen harzreicher Theile der Nadelhölzer, insbesondere des Kienholzes der Wurzelstöcke, wird anfänglich ein hellgefärbter Theer erhalten, der mit Wasser destillirt als Rückstand das weiße Pech hinterläßt; später tritt der schwarze Theer auf, der, ähnlich behandelt, das schwarze Pech liefert. Aus Amerika wird Harz in großer Menge eingeführt und durch Destillation desselben das Harzöl gewonnen, welches als Brennöl und zur Fabrikation der Wagenschmiere dient.

Einige Harze, die weich bis flüssig sind, werden Balsame genannt, wie der angenehm nach Vanille und Heliotrop riechende Perubalsam und der Tolubalsam, beide aus Peru kommend.

Der Copal kommt aus Ost- und Westindien und bildet hellgelbe Stücke, die geschmolzen, mit heißem Leinöl aufgelöst, den höchst dauerhaften Copalfirniß bilden. An der Stelle vormaliger Nadelwälder findet man in Australien ganze Lager eines unter dem Namen Erdcopal verwendeten Harzes.

Der Mastix (Kleinasien), der Sandarak (Nordafrika) und der Weihrauch oder Olibanum (Vorderasien) sind Harze, die aus weißen oder hellgelben Körnern bestehen, die, im Weingeist gelöst, helle Firnisse bilden. Dieselben dienen mit Benzoëharz (Ostindien) und Storax (Levante) besonders zu Räucherungen.

Der Schellack fließt aus verschiedenen Bäumen Ostindiens, nachdem in deren Rinde eine kleine Schildlaus Stiche gemacht hat. Er wird besonders zu Siegellack und in Weingeist gelöst, als die gewöhnliche Politur der Tischler

verwendet. Durch Chlor kann er vollkommen gebleicht und nachher zu farblosem Firniß benutzt werden.

Das in der Medicin gebräuchliche, aus Westindien stammende Guajacharz hat auch Verwendung in photographischen Versuchen gefunden, da sowohl das Harz als auch seine Lösung in Weingeist durch das Licht grün und blau gefärbt werden.

Das Jalappenharz, das aus der Jalappenwurzel (Mexico) gewonnen wird, dient in der Medicin als Abführmittel.

Der Bernstein ist ein Harz, dessen Ursprung mit den untergegangenen Wäldern, die jetzt als Braunkohle erscheinen, im Zusammenhange steht, und wird an der deutschen Ostseeküste theils gefischt, theils gefunden oder ausgegraben. Dieses schön gelbe und harte Harz wird zu allerlei Kunstwerken verarbeitet und in der Hitze geschmolzen, und mit heißem Terpentinöl aufgelöst, stellt es den namentlich gegen Seife und Weingeist sehr dauerhaften und häufig benutzten Bernsteinfirniß dar.

Den Harzen ist anzureihen der Asphalt, auch Judenpech (Bitumen) genannt. Derselbe ist pechschwarz, glänzend, von muschlichem Bruch, schmilzt bei 100° und bildet, in Terpentinöl, Steinöl oder Benzin gelöst, einen besonders auf Eisen verwendeten Firniß. Eine weichere bis dickflüssige Asphaltsorte ist der sogenannte Bergtheer. Das mineralische Vorkommen, sowie Verhalten und Eigenschaften des Asphalts bringen denselben in Beziehung zum Steinöl, aus dem er durch Verharzung entstanden sein dürfte. Er hat eine ausgedehnte Verwendung zu Kitt, als Verdichtungsmasse gegen Wasser, für Dachpappe und Dachfilz, sowie mit Sand vermischt zur Anfertigung von Asphaltplatten. Aehnliche Eigenschaften und Anwendungen haben der künstliche Asphalt und Theer, welche als Rückstand bleiben, wenn aus dem Steinkohlentheer durch Destillation alle flüchtigen Bestandtheile ausgeschieden worden sind.

219 Gummiharze nennt man Gemenge von Harzen, Gummi, flüchtigen Oelen und mitunter noch einigen anderen Stoffen, die aus verschiedenen Pflanzen der heißen Länder ausfließen und die namentlich wegen ihrer medicinischen Eigenschaften wichtig sind, wie z. B. das auch als schöne gelbe Farbe dienende Gummigutt, das Ammoniacum (beide aus Ostindien), die Asa-fötida (Persien), wegen ihres abscheulichen Geruches Teufelsdreck genannt; die Myrrhe (Arabien); die Aloë, aus Aloëpflanzen der Levante und vom Cap dargestellt, welche ein höchst bitteres, abführendes Mittel ist.

8. Farbstoffe.

220 Der große Farbenreichthum der Pflanzenwelt liefert verhältnißmäßig nur wenig Farbstoffe, denn die meisten Farben, namentlich die der Blüthen, werden von Licht und Luft außerordentlich schnell zerstört. Die mehr haltbaren Farbstoffe zeigen ein so verschiedenes Verhalten, daß es unmöglich ist, sie im Allgemeinen zu schildern. Dieselben sind theils in Wasser, Weingeist oder Aether

löslich, zum Theil verbinden sie sich ähnlich wie die Säuren mit Basen, insbesondere mit Thonerde; durch Chlor werden sie ohne Ausnahme zerstört. Mit Wolle, Seide, Leinwand oder Baumwolle verbinden sich einige geradezu, andere erst dann, wenn jene Stoffe vorher eine sogenannte Beize, d. i. einen Ueberzug erhalten haben, der die Farbe auf denselben befestigt, wozu hauptsächlich Salze von Thonerde, Eisenoxyd, Kupferoxyd und Zinnchlorür dienen. Da die meisten Farbstoffe nicht krystallisiren, so läßt sich ihre chemische Zusammensetzung und Constitution nicht genau feststellen. Wir beschränken uns darauf, die wichtigsten Farbstoffe namentlich aufzuführen und verweisen bezüglich ihrer Abkunft auf die Botanik.

Gelbe Farbstoffe: der Wau; das Gelbholz; die Quercitronrinde; die Gelbbeeren oder persischen Beeren; die Curcuma oder Gelbwurzel; der Orlean; der Safran.

Rothe Farbstoffe: die Färberröthe, Röthe oder der Krapp, eine Wurzel, die unstreitig eins der bedeutendsten Färbmittel ist und namentlich sehr dauerhafte rothe, violette und braune Farben liefert; durch Behandlung der gemahlenen Krappwurzel mit Schwefelsäure wird die Schönheit und Löslichkeit ihres Farbstoffs erhöht und das also erhaltene Product wird Garancin genannt; der aus demselben dargestellte reine Farbstoff des Krapps heißt Alizarin, $C_{14}H_8O_4$, und krystallisirt in langen, glänzenden, rothgefärbten Nadeln; künstlich wird derselbe erhalten durch Oxydation des Anthracens, $C_{14}H_{10}$ (s. §. 215). Das Blauholz oder Campeschenholz; das Rothholz, auch Fernambuk- oder Brasilienholz genannt; der Safflor; das Sandelholz; die Alkannawurzel; die Cochenille, ein zu den Schildläusen gehöriges Kerbthier, das in Südamerika auf verschiedenen Arten von Cactus lebt und aus welchem der schön purpurfarbene Carmin bereitet wird; Orseille oder Persio, durch Einwirkung von Ammoniak auf gewisse Flechten gewonnen; das Drachenblut.

Grüne Farbstoffe findet man wenige. Benutzt wird jedoch der Saft der Kreuzdornbeeren unter dem Namen Saftgrün. Die grünen Blätter der Pflanzen verdanken ihre Farbe dem sogenannten Blattgrün oder Chlorophyll, welches harziger Natur ist, zum Färben jedoch sich nicht eignet.

Blaue Farbstoffe: zu diesen gehört das aus der Lackmusflechte dargestellte Lackmus oder Tournesol, welches besonders von den Chemikern zu Probepapier benutzt wird, um die saure oder alkalische Natur eines Körpers zu ermitteln.

Vor allen bedeutend ist der Indigo, der von mehreren Pflanzen (Indigofera Anil) in Indien gewonnen wird, und der stickstoffhaltig ist. Sein Hauptvorzug besteht in der großen Dauerhaftigkeit seiner Farbe, da er selbst von den stärksten Säuren nicht roth gefärbt wird. Aus dem im Handel vorkommenden Indigo erhält man den reinen Farbstoff durch Sublimation in purpurfarbenen Krystallen; er wird Indigblau genannt. In rauchender Schwefelsäure löst sich der Indigo und verbindet sich mit derselben zu Indigblauschwefelsäure, welche zum Färben dient. Kohlensaures Kali schlägt aus dieser Lösung ein

blaues Pulver, den Indigcarmin, nieder, der aus indigblau-schwefelsaurem Kali besteht.

Wenn der Indigo mit desoxydirenden Stoffen, z. B. Eisenoxydul, Traubenzucker, zusammengebracht wird, so verwandelt er sich in einen löslichen, ungefärbten Stoff, sogenanntes Indigweiß. Derartige Lösungen werden in der Färberei Indigküpen genannt; Zeuge, die man in dieselbe taucht, nehmen nachher durch Oxydation des Farbstoffs an der Luft die blaue Indigfarbe an. Sowohl in der Indigopflanze, als auch in mehreren europäischen Pflanzen, dem Waid und dem Färberknöterich, ist ursprünglich der Indigo in dem löslichen, ungefärbten Zustande enthalten und bildet sich erst durch eine Art von Gährung derselben in Wasser unter Zutritt von Luft. Durch concentrirte Salpetersäure wird der Indigo in gelbe Pikrinsäure verwandelt; mit Kalk destillirt liefert er als Zersetzungsproduct Anilin.

9. Eiweißstoffe.

221 In der Stärke, der Holzfaser, dem Gummi und den Zuckerarten haben wir unter den stickstofffreien organischen Verbindungen eine Reihe von Körpern kennen gelernt, die sowohl durch ihre Zusammensetzung als auch in mancher andern Hinsicht, namentlich durch gewisse Zersetzungserscheinungen, zeigen, daß sie gegenseitig in einer nahen Beziehung stehen. Nicht minder bieten die Fette eine Gruppe von ähnlich zusammengesetzten Körpern dar, welche, in wechselnden Verhältnissen gemengt, die verschiedenen Fettarten des Pflanzen- und Thierkörpers darstellen. Der Umstand, daß alle diese Körper nur aus drei einfachen Stoffen, nämlich Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, bestehen, daß sie ferner in Folge ihres chemischen Verhaltens leicht in reinem Zustande darstellbar sind, hat es möglich gemacht, daß wir über ihre Zusammensetzung und ihre Veränderungen unter gewissen Einflüssen vollkommen aufgeklärt sind.

In ähnlicher Weise finden wir nun in den Pflanzen- und Thierstoffen eine andere Gruppe von Körpern, die eine große Uebereinstimmung in ihren chemischen Bestandtheilen und Eigenschaften haben. Diese Körper, welche man im Allgemeinen Eiweißstoffe oder Proteïnstoffe nennt, sind: das Albumin oder Eiweiß, das Fibrin oder der Faserstoff und das Caseïn oder der Käsestoff. Dieselben enthalten außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch Stickstoff, Schwefel und Phosphor in folgendem Verhältniß:

	Albumin.	Fibrin.	Caseïn.
Kohlenstoff	53,5	52,7	53,8
Wasserstoff	7,0	6,7	7,2
Stickstoff	15,5	15,4	15,6
Sauerstoff	22,0	23,5	22,5
Schwefel	1,6	1,2	0,9
Phosphor	0,4	0,3	0,0
	100,0	100,0	100,0

Eine chemische Formel konnte jedoch bis jetzt für die Eiweißstoffe nicht aufgestellt werden.

Die allgemeinen Eigenschaften der eiweißartigen Körper sind folgende: sie 222
sind nicht krystallisirbar, sondern erscheinen im feuchten Zustande als eine farb-, geruch- und geschmacklose Masse, die beim Trocknen ein halb durchsichtiges, hornartiges Ansehen erhält. In den Pflanzen- und Thierkörpern sind dieselben ursprünglich in Wasser gelöst, also in flüssigem Zustande vorhanden. Sie gehen jedoch entweder unter dem Einfluß der organischen Thätigkeit oder beim Erhitzen oder beim Vermischen ihrer Auflösung mit schwacher Säure oder Weingeist in einen unlöslichen Zustand über. Sie sind alsdann unlöslich in Wasser, Weingeist, Aether und Fetten. Von schwachen Laugen werden sie gelöst und durch Säuren zum Theil unverändert wieder gefällt. Durch concentrirte Salzsäure werden die eiweißartigen Körper mit lebhaft dunkelblauer Farbe aufgelöst. Auch die saure Flüssigkeit des Magens bewirkt in der Wärme ihre langsame Auflösung.

Ueberläßt man die eiweißartigen Körper in feuchtem Zustande der freiwilligen Zersetzung, d. i. der Fäulniß, so geschieht dies unter Verbreitung eines außerordentlich übelriechenden Geruches, indem Ammoniak, flüchtige Basen und Säuren gebildet werden. Bemerkenswerth ist es, daß diese Körper die Zersetzung des Zuckers in Kohlensäure und Weingeist begünstigen, sobald sie, in Zersetzung begriffen, mit einer Zuckerlösung in Berührung kommen.

Die eiweißartigen Körper sind von großer Wichtigkeit für die Ernährung, da die festen Theile des Fleisches, des Blutes, des Gehirns und mehrerer anderer Thierstoffe hauptsächlich aus diesen Körpern bestehen. Man hält daher Nahrungsmittel, welche reich sind an denselben, für besonders nahrhaft, d. h. vorzüglich geeignet zur Bildung von Fleisch, Blut u. s. w. im Körper des zu Ernährenden.

Albumin oder Eiweiss. Diejenigen Pflanzensäfte und thierischen 223
Flüssigkeiten, welche beim Erhitzen gerinnen, enthalten Eiweiß. Wenn man irgend grüne Pflanzenstoffe, z. B. unsere gewöhnlichen Gemüsepflanzen, zerstößt und auspreßt, so erhält man einen grünen Saft, aus dem beim Erhitzen das Eiweiß sich ausscheidet. Es ist alsdann durch Blattgrün (Chlorophyll) grün gefärbt, das jedoch durch Weingeist entfernt werden kann. Zerschneidet man Rüben oder Kartoffeln und läßt sie einige Zeit mit Wasser stehen, so nimmt dieses Eiweiß aus denselben auf, das beim Erhitzen des Wassers in weißen Flocken sich abscheidet. Am reinsten ist das Eiweiß in den Eiern enthalten und außerdem im Blute. Wenn frisches Blut einige Zeit steht, so scheidet es sich in zwei Theile, nämlich in einen festen oder sogenannten Blutkuchen, der auf dem flüssigen Theile, Blutwasser genannt, schwimmt. Erwärmt man das letztere, so gerinnt das in demselben aufgelöste Eiweiß.

Die wesentlichen Eigenschaften des Eiweißes sind folgende: in den Säften der Pflanzen und Thiere ist es in einem löslichen Zustande enthalten, den es

verliert, sobald es bis zum Siedepunkt des Wassers erhitzt wird. Es scheidet sich alsdann in Form einer weißen, flockigen Masse ab, die im Wasser nicht wieder löslich ist und geronnenes Eiweiß genannt wird. Hierbei hüllt es andere Stoffe, die in jenen Flüssigkeiten enthalten sind, ein, und entzieht sie denselben, daher alle eiweißhaltigen Säfte vortrefflich zum Klären trüber Flüssigkeiten dienen, und namentlich bei der Fabrikation des Zuckers benutzt werden. Wird eine eiweißhaltige Flüssigkeit mit Weingeist vermischt, so schlägt dieser das Eiweiß daraus nieder.

224 **Fibrin oder Faserstoff.** Auch das Fibrin ist, ähnlich wie das Eiweiß, in festem und flüssigem Zustande bekannt. Die rothe Masse, welche die Muskel oder das Fleisch der Thiere bildet, ist festes Fibrin. Aufgelöst ist es im Blute enthalten und scheidet sich beim Erkalten desselben als sogenannter Blutkuchen aus. Es ist alsdann von einem im Blute enthaltenen rothen Stoffe gefärbt, der jedoch durch Waschen mit Wasser entfernt werden kann. Pflanzenfibrin erhält man, wenn Weizenmehl in einen Sack gethan und so lange mit frischem Wasser geknetet wird, als dieses noch milchig abläuft. Das Wasser nimmt die im Weizen enthaltene Stärke hinweg und hinterläßt eine zähe, klebrige Masse, die Kleber genannt wird. Durch siedenden Alkohol entzieht man diesem Kleber einen löslichen Theil, welchem hauptsächlich die Eigenschaft des Klebens zukommt, weshalb ihm der Name Pflanzenleim ertheilt wurde. Der unlösliche Rückstand ist Pflanzenfibrin, welches sich ähnlich verhält wie das Thierfibrin.

225 **Caseïn oder Käsestoff.** Die Milch ist ein Gemenge von Fett (Butter) mit der Auflösung des Caseïns in Wasser. Wenn man möglichst von Butter befreite Milch erhitzt, so überzieht sie sich mit einem weißen Häutchen, das sich erneuert, so oft man es hinwegnimmt. Diese auf der Milch sich bildende Haut ist Caseïn. Dasselbe gerinnt also beim Erhitzen nicht plötzlich wie das Eiweiß, sondern allmälig. Augenblicklich gerinnt jedoch das Caseïn, wenn man der erwärmten Milch einige Tropfen einer Säure oder etwas Lab zusetzt. Wenn man Bohnen, Erbsen oder überhaupt Hülsenfrüchte zerstößt und sie mit Wasser übergießt, so nimmt dieses aus denselben Pflanzencaseïn, sogenanntes Legumin, auf, das beim Erhitzen des Wassers als weiße Haut sich ausscheidet und die größte Aehnlichkeit mit dem Milchcaseïn zeigt.

226 **Diastas oder Malzeiweiss.** Gerste, mit Wasser befeuchtet, beginnt nach einigen Tagen zu keimen. Die gekeimte Gerste wird Malz genannt und ist wesentlich von der ursprünglichen Gerste verschieden. Zerreibt man das Malz mit Wasser und setzt der filtrirten Flüssigkeit nachher Weingeist zu, so schlägt dieser das Diastas nieder, welchem Eiweiß und Gummi beigemengt sind. Diese Substanz ist dadurch ausgezeichnet, daß sie in hohem Grade die Fähigkeit besitzt, die Stärke in Gummi und in Zucker zu verwandeln, ähnlich wie dies durch Säuren geschieht.

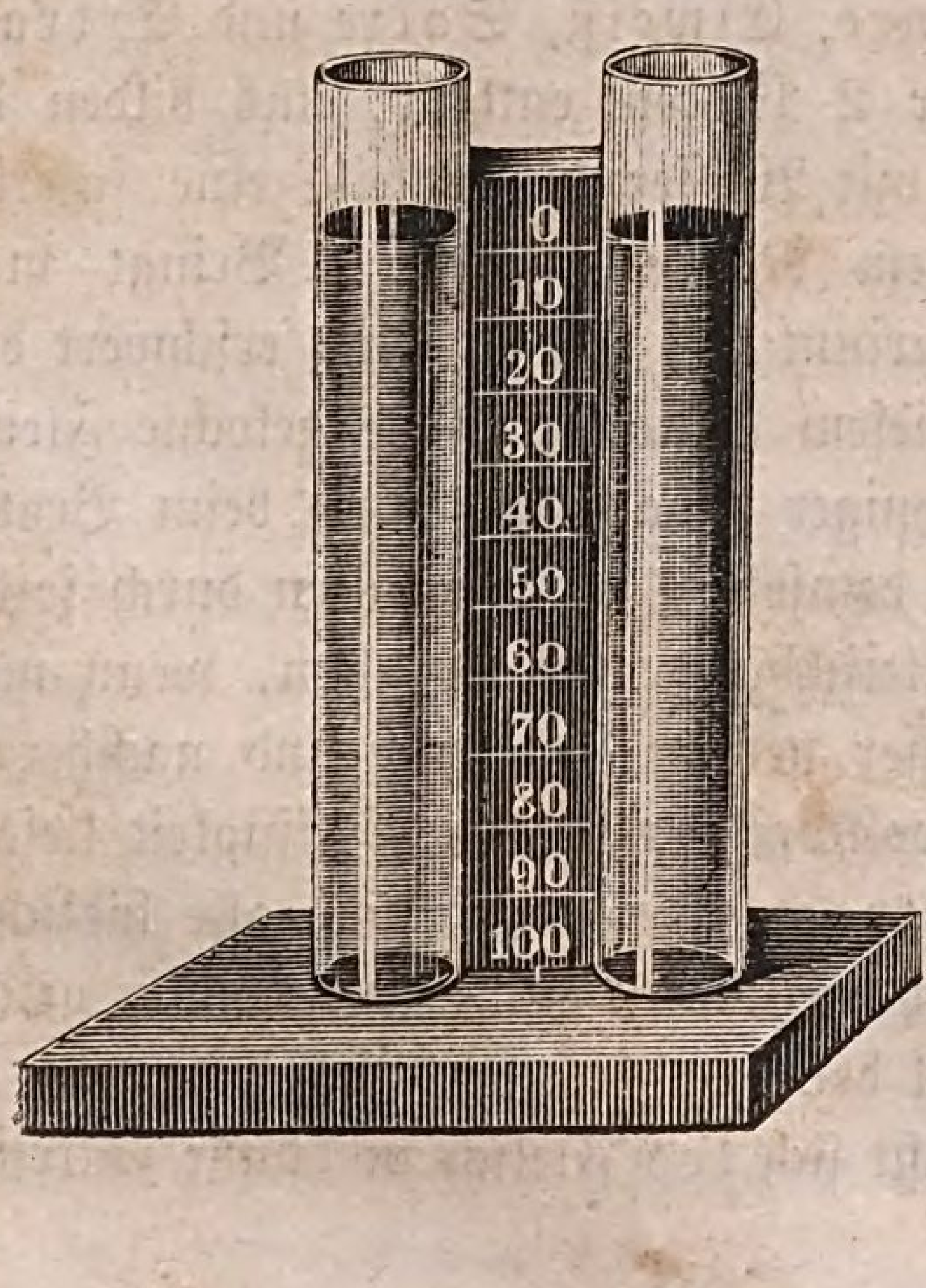
Das Malz enthält daher nur wenig Stärke, da diese fast gänzlich in Gummi und Zucker verwandelt ist, was schon der süße Geschmack des Malzes zu erkennen giebt. Von jener Eigenschaft des Diastases wird namentlich bei der Darstellung der zuckerhaltigen Flüssigkeiten Anwendung gemacht, die zur Bereitung des Bieres, des Branntweins und des Essigs dienen.

Die eiweisshaltigen Nahrungsstoffe. Die Erfahrung hat 227
gelehrt, daß Speisen, welche reich sind an einem der vorstehend beschriebenen eiweißartigen Stoffe, sich vorzüglich nahrhaft erweisen. Allgemein anerkannt in dieser Beziehung sind: die Eier, die Milch, das Fleisch und das Brod. In allen diesen Nahrungsmitteln finden wir jedoch dem Eiweißstoff noch eine stickstofffreie, entweder fette oder stärkemehlartige Substanz, sowie verschiedene Salze beigesellt, und gerade in dieser Mischung beruht recht eigentlich ihre geschätzte Ernährungsfähigkeit.

Das Ei besteht bekanntlich aus dem Eiweiß, das 84 Procent Wasser enthält, und aus dem Eigelb; auch das letztere enthält etwa $^1/_6$ Eiweiß und Wasser, in welchem Tröpfchen eines gelben phosphorhaltigen Oels ($^1/_3$) schwimmen; überdies enthält das Ei phosphorsaure Salze.

Die Milch, welche wir von der Kuh gewinnen, soll im Durchschnitt in Procenten enthalten: 4 Butter; 4 Caseïn; 4 Milchzucker; Salze $^1/_2$, überhaupt an festen Bestandtheilen 12 bis 14 Proc., das Uebrige ist Wasser; ihr specif. Gew. ist 1,03. Die frische Milch ist in der Regel schwach alkalisch. Unter dem Mikroskop erkennt man, daß ihre milchige Beschaffenheit herrührt von kleinen Fettkügelchen, die von einem feinen Häutchen eingeschlossen sind; sie schweben in der wässerigen Flüssigkeit und erheben sich bei ruhigem Stehen der Milch allmälig nach deren Oberfläche, den Rahm bildend. Je höher die Rahmschicht ausfällt, desto besser war die Milch, so daß die nebenstehende Vorrichtung, ein sogenannter Rahmmesser, genügt, um verschiedene Milchproben zu vergleichen, von welchen man je 100 Theile in jedem der Cylinder bis zur Rahmabsonderung stehen läßt, die bei guter Milch 10 bis 14 Procent beträgt. Durch Schlagen des Rahmes werden die Häute der Fettkügelchen zersprengt, und indem dieselben sich zusammenballen bilden sie die Butter. Dieselbe enthält etwas Milch eingeschlossen, die, bald in Zersetzung übergehend, der Butter den ranzigen Geruch und Geschmack ertheilt, herrührend von Buttersäure. Frischbereitete Butter muß daher wiederholt mit Wasser durchknetet und ausgewaschen werden, bis dasselbe nicht mehr milchig abläuft; soll die Butter länger bewahrt

Fig. 68.



werden, so setzt man ihr etwas Salz, auch wohl ganz wenig Zucker zu. Durch längeres Erhitzen der Butter wird das Wasser verdampft und die übrigen Stoffe vollständig ausgeschieden; man hat jetzt Schmelzbutter, die sich jahrelang unverändert erhält.

Condensirte Milch oder Milchextract erhält man, wenn mit Zucker versetzte Milch im leeren Raum eingedampft wird, bis der Rückstand nur noch 22 Procent Wasser enthält; dasselbe läßt sich aufbewahren und liefert, mit 4 bis 5 Theilen Wasser verdünnt, eine durch Zucker versüßte Milch. Technisch wird die Milch zum Anstreichen und als Klärmittel verwendet.

Wenn man Milch erhitzt und einige Tropfen einer Säure hinzufügt, so gerinnt augenblicklich alles Caseïn derselben und scheidet sich sammt dem Fett als käsige Masse ab; dieselbe Wirkung bringt man durch das sogenannte Lab hervor, eine Flüssigkeit, die durch Einweichen eines Stückes vom Labmagen des jungen Kalbes in Wasser erhalten wird. Die wässerige, Milchzucker enthaltende Flüssigkeit, süße Molke genannt, läßt man von der geronnenen Masse ablaufen und verfertigt aus letzterer, unter Zusatz von etwas Salz, die fetten Käse, wie die Schweizer-, Holländer- und Chesterkäse.

Ueberläßt man die Milch sich selbst, so geht ihr Zucker bald in Milchsäure über, welche das Caseïn in dicken Klumpen zum Gerinnen bringt (Dickmilch, Sauermilch); beim Erhitzen scheidet sich jetzt saure Molke von dem Caseïn. War die Milch vorher entrahmt worden, so liefert die geronnene Masse den magern Käse. Geruch und Geschmack der Käse rührt von den bei der theilweisen Fäulniß des Caseïns entstehenden Producten her, worunter sich Buttersäure und Baldriansäure befinden.

228 Das Fleisch besteht durchschnittlich aus 17 Procent unlöslichem Fibrin, in welches Bindegewebe, Blutgefäße und Nervenfäden verzweigt sind, mehr oder minder durchwachsen von Fett und durchfeuchtet von 77 Procent Wasser. Der Gehalt des Fleisches an festen Bestandtheilen ist größer bei gemästetem Vieh, als bei magerem. Wird Fleisch mit kaltem Wasser behandelt, das man allmälig erwärmt, so lösen sich Kreatin, Milchsäure, Eiweiß, Salze und Extractivstoffe, wovon das Fleisch etwas über 2 Procent enthält, und bilden die Fleischbrühe. Bei fortgesetztem Kochen mit Wasser hinterbleibt eine faserige Masse von fadem Geschmack und geringem Nahrungswerth. Bringt man Fleisch sogleich in siedendes Wasser, so gerinnt das Eiweiß und erschwert das Ausziehen der löslichen Bestandtheile; in diesem Falle wird das gekochte Fleisch saftig und schmackhaft, die Fleischbrühe weniger gehaltreich; auch beim Braten des Fleisches wird der Fleischsaft mehr in demselben zurückgehalten durch sofort sich bildende Kruste. Eine sehr kräftige Fleischbrühe wird erhalten, wenn man Fleisch fein hackt, mit wenig kaltem Wasser gelinde erwärmt und nachher in einem Tuche auswindet. Eine derartige, vollkommen fettfreie Flüssigkeit liefert, im leeren Raum verdampft, das Fleischextract, wovon 1 Pfund alle löslichen Bestandtheile von 34 Pfund Fleisch enthält und das, in heißem Wasser gelöst, mit Zusatz von etwas Fett als Ersatzmittel der Fleischbrühe dient.

In der Sonnenhitze heißer Länder läßt sich das Fleisch in dünne Streifen

zerschnitteen leicht austrocknen und bildet, mit Talg versetzt, den Pemikan oder Tassajo der Amerikaner; derselbe giebt, in heißem Wasser erweicht, ein vortreffliches Nahrungsmittel, das sich auf Land- und Seereisen, vorzüglich bei den Nordpolexpeditionen, bewährt hat. Wird Fleisch mit Salz bestreut, so entzieht dieses einen Theil des Wassers sammt den löslichen Nährstoffen und bildet die Salzlake. Eingesalzenes oder gepökeltes Fleisch ist folglich weniger nahrhaft als frisches Fleisch; dasselbe ist der Fall bei dem nachträglich im Rauch getrockneten Rauch- oder Dörrfleisch.

Das Brod wird seit ältester Zeit von allen Culturvölkern für so unent- 229
behrlich gehalten, daß es sinnbildlich für Nahrungsmittel überhaupt in unser tägliches Gebet und in die Sprüchwörter des Volkes aufgenommen worden ist. Wie mancherlei Abänderungen in Form und Zubereitung des Brodes man auch begegnet, so ist doch allem gemeinsam, daß man es aus dem Mehl der Getreidearten bereitet, welches vorerst mit Wasser zu Teig angerührt und nachher rasch in scharfer Hitze gebacken wird. Das Getreidekorn besteht aus Stärkemehl, Pflanzenfibrin und Pflanzenleim, Phosphorsauren Salzen und Holzfaser, welch letztere Stoffe mehr die äußere Hülle desselben bilden, die beim Mahlen die Kleie liefert. Auf der mehr oder weniger vollständigen Trennung der Kleienschicht vom inneren Mehlkorn beruht die Darstellung der verschiedenen Mehlsorten, die ungleich sind an Feinheit, weißer Farbe und Nahrungswerth.

Den Hauptbestandtheil des Mehls bildet die an sich nicht leicht verdauliche Stärke, die beim Brodbacken einer Hitze von 200 bis 225° ausgesetzt in einen theilweise löslichen, leichter verdaulichen Zustand übergeht. Erhöht wird die Verdaulichkeit, wenn zugleich dem Brod eine lockere, die Einwirkung des Speichels und Magensaftes erleichternde Beschaffenheit ertheilt wird, welche den flachen Broden abgeht, die rohe Völker bereiten, indem sie den angefertigten Teig sogleich backen. Wenn dagegen das Mehl mit Wasser zu Teig angeknetet und dieser sich selbst überlassen wird, so beginnt eine theilweise Umwandlung der Stärke in Gummi und Zucker; im weitern Verlauf wird letzterer durch den Einfluß der Eiweißstoffe in Gährung versetzt, d. i. er zerfällt in Weingeist und in Kohlensäure, welche als Gase und Dämpfe zu entweichen suchen, insbesondere, wenn der Teig an einem warmen Orte steht. Seine zähe Beschaffenheit, herrührend von dem Gehalt an Pflanzenleim, verhindert dies zwar, allein die ganze Teigmasse wird durch die Luftblasen schwammig gelockert und gehoben, was man das Gehen des Teiges nennt. Beim Backen dehnen sich die Luftblasen durch die Hitze noch mehr aus und geben dem Brod die erforderliche Lockerheit. Von dem Gummi, welches an der Außenseite der Brode mit Wasserdampf in Berührung sich löst, wird die glänzende Kruste gebildet. Dem Teig wird stets auch Kochsalz zugesetzt.

In der eben beschriebenen Weise würde die Brodbereitung einen langsamen Verlauf haben. Man nimmt daher den Sauerteig und die Hefe zu Hülfe, um den Teig rascher fertig zu machen. Ersterer ist ein durch langes Stehen sauer gewordener Teig, in welchem der Weingeist in Essigsäure übergegangen ist; ein Theil desselben zu frischem Teig gesetzt, bewirkt durch rasche Ueberführung

seines Stärkemehls in Zucker, Weingeist und Kohlensäure ein baldiges Gehen des Teiges; ganz ähnlich wirkt die Hefe, ohne dem Brod den säuerlichen Geschmack zu ertheilen, den es bei Anwendung von Sauerteig erhält.

Sowohl bei Anwendung von Sauerteig als auch von Hefe wird ein Theil der Stärke zersetzt und geht als Nährstoff verloren. Dies wird vermieden, wenn dem Teig Doppeltkohlensaures Natron und Salzsäure oder ein Backpulver zugesetzt wird, das einestheils Doppeltkohlensaures Natron und andererseits Sauren phosphorsauren Kalk oder Weinsäure enthält. Die hierbei sich entwickelnde Kohlensäure bewirkt die Lockerung des Teiges, der sogleich verbacken werden kann. Aehnlich wird auch feineres Backwerk, wie Confect, gelockert durch einen Zusatz von Kohlensaurem Natron oder Kali.

Das Mehl der Hülsenfrüchte, wie der Bohnen, ist für sich zur Brodbereitung untauglich, da es keinen Pflanzenleim enthält und deshalb nicht schwammig aufgeht; dasselbe gilt von dem Mehl der Kartoffeln und des Reises.

10. Thierstoffe.

230 **Leim.** Verschiedene Theile des Thierkörpers, insbesondere die Haut, der Knochenknorpel, die Schwimmblase der Fische, lösen sich bei längerem Kochen in Wasser endlich vollständig auf und bilden eine Flüssigkeit, die beim Erkalten zu Gallerte erstarrt, welche getrocknet Leim genannt wird. Daher heißen jene Theile auch die Leimgebenden Gebilde des Thierkörpers. Die Anwendung des gewöhnlichen Leims als Bindemittel ist hinreichend bekannt; derselbe besitzt keine ernährende Fähigkeit. 100 Thle. Leim enthalten: 49,3 C; 6,6 H; 18,3 N; 25,8 O und überdies eine sehr kleine Menge Schwefel.

Der reinste Leim wird durch das Auflösen der Hausenblase in siedendem Wasser erhalten, wobei man eine farblose, geruch- und geschmacklose Flüssigkeit bekommt. Der vollkommen trockne Leim ist an der Luft unveränderlich. Längere Zeit mit verdünnter Schwefelsäure oder mit Kali gekocht, wird der Leim in süß schmeckenden Leimzucker, Glycocoll und Leucin, verwandelt. Als besondere Eigenschaft des Leims ist hervorzuheben, daß er mit Gerbsäure eine in Wasser unlösliche Verbindung bildet. Vermischt man in der That eine Auflösung desselben mit Eichenrinde- oder Galläpfelabkochung, so entsteht sogleich ein starker, flockiger Niederschlag.

Knorpelleim oder Chondrin wird aus den nicht verknöchernden Knorpeln dargestellt und unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Leim dadurch, daß er mit Lösungen von Alaun, Eisenchlorid und Bleiessig Niederschläge bildet.

231 **Leder.** Die thierische Haut ist aus drei verschiedenen Schichten gebildet, nämlich 1. der Oberhaut oder Epidermis, 2. der Lederhaut und 3. der Zellhaut. Nur die mittlere Schicht, die Lederhaut, kommt hier in Betrachtung und nur sie wird gemeint, wenn kurzweg von Haut die Rede ist. Man befreit die rohen Häute von der Oberhaut und den Haaren, sowie von dem in der

Zellhaut enthaltenen Fett, indem dieselben für sich oder mit Salz bestreut über einander in Gruben gelegt und einer beginnenden Zersetzung, dem sogenannten Schwitzen, überlassen und nachher mit stumpfen Messern geschabt werden. Auch dienen der Aetzkalk und das Schwefelcalcium zur Enthaarung und Entfettung der Häute. Man unterscheidet an der Haut die innere oder Fleischseite und die äußere oder Narbenseite. Die mikroskopische Betrachtung zeigt, daß die gereinigte Haut ein sogenanntes Bindegewebe ist, das aus feinen, durchsichtigen Fasern besteht. Läßt man eine solche Haut austrocknen, so kleben jene Fasern aneinander und die Haut wird hart, spröde und technisch unverwendbar. Dem Einfluß der Feuchtigkeit überlassen, geht die Haut in Fäulniß über und besitzt in diesem Zustande die Fähigkeit, auf organische Verbindungen zersetzend einzuwirken.

Wenn man jedoch, so lange die Haut noch feucht ist und die Fasern ihres Gewebes geschmeidig sind, gewisse Stoffe auf dieselben einwirken läßt, die auf der Faser fest haften, so wird bei nachherigem Trocknen der Haut das Aneinanderhängen ihrer Fasern verhindert. Die also zubereitete Haut wird Leder genannt; sie besitzt Zähigkeit, Geschmeidigkeit, widersteht in hohem Grade der Fäulniß und ist ein höchst werthvolles technisches Material. Zur Lederbereitung oder Gerberei verwendet man hauptsächlich Gerbsäure, Alaun und Fette, und unterscheidet hiernach die Rothgerberei, die Weißgerberei und Sämischgerberei.

Zur Bereitung des Sohl- und Schuhleders werden vom Rothgerber die gereinigten Häute zuerst geschwellt, d. h. so lange in fließendem Wasser eingeweicht, bis sie recht aufgelockert sind, worauf man sie in Kasten bringt, die schwache Lohbrühe enthalten. Diese ist eine gerbsäurehaltige Flüssigkeit, die man durch Ausziehen der Lohe, d. i. gemahlene Eichenrinde, mit Wasser erhält. Je allmäliger und vollkommener diese Flüssigkeit die Haut durchdringt, um so vollkommener wird letztere in Leder verwandelt, wozu mindestens einige Monate, bei dickem Sohlleder mehrere Jahre, erforderlich sind. Wenn man die Wirkung der Endosmose (Physik §. 20) zu Hülfe nimmt, so wird die Durchdringung der Haut beschleunigt. Zu diesem Zwecke werden z. B. Kalbfelle sackartig zugenäht, mit feuchtem Pulver von Sumach gefüllt in Wassergruben gelegt.

In der Weißgerberei werden die Häute zuerst mit ätzendem Kalk behandelt. Nachdem der Kalk durch Auswaschen und mit Hülfe schwacher Säuren entfernt worden ist, wird der Haut entweder durch Einweichung in einer Mischung von Alaun und Kochsalz ihre lederartige Beschaffenheit ertheilt, oder man bereitet daraus das sämische Leder, indem das Fell wiederholt mit Oel getränkt der Luft ausgesetzt und gewalkt wird. Das überflüssige Oel wird durch eine Lauge hinweggenommen.

Hornstoff nennt man die Substanz, aus welcher das Horn, die Haare, 232
Wolle, Oberhaut (Epidermis), die Federn, Hufe, Nägel und ähnliche thierische Gebilde bestehen. Dieselben werden von ätzenden Alkalien unter Entwickelung von Ammoniak aufgelöst; auch werden sie von unter Hochdruck siedendem Wasser fast vollständig gelöst; die Lösung gesteht jedoch nicht nach dem Erkalten.

100 Thle. enthalten im Durchschnitt 50 C; 6 H; 17 N; 21 bis 23 O; 3 bis 5 Schwefel. Sämmtliche Hornstoffe werden zur Fabrikation von Blutlaugensalz und als vorzügliche Dungstoffe verwendet.

233 **Gallenstoffe.** Die Galle ist eine grünliche, bittere, schwach alkalische Flüssigkeit, welche hauptsächlich aus den Natronsalzen der Glycocholsäure, $C_{26}H_{43}NO_6$, und Taurocholsäure, $C_{26}H_{45}NSO_7$, besteht; letztere zerfällt mit Alkalien gekocht in Cholalsäure, $C_{24}H_{40}O_5$, und Taurin, $C_2H_7NSO_3$, das auch in anderen Organen vorkommt und durch Umsetzung aus Isäthionsaurem Ammoniak gebildet wird. Außerdem enthält die Galle noch Gallenfarbstoffe und Cholesterin, $C_{26}H_{44}O$, das in farblosen perlmutterglänzenden Blättern krystallisirt und auch in anderen Flüssigkeiten des Thierkörpers sich findet, sowie es insbesondere noch den Hauptbestandtheil der in der Gallenblase mitunter angetroffenen Gallensteine ausmacht.

234 **Magensaft.** Derselbe wird fortwährend von der Magenschleimhaut abgesondert, schmeckt und reagirt sauer, da er neben verschiedenen Salzen Milchsäure und Salzsäure enthält; ferner Pepsin, einen eigenthümlichen Stoff, der die Auflösung und Verdauung der Eiweißkörper bewirkt und in reinem Zustand ein gelbliches, leicht lösliches Pulver darstellt.

235 **Harn.** In demselben findet man den durch die Lebensthätigkeit des Körpers abgenutzten Stickstoff in Gestalt von Harnstoff und Harnsäure abgesondert; 100 Thle. Harn des Menschen enthalten: Harnstoff 1,4; Harnsäure 0,1; Farbstoff und Schleim 1,5; Salze 1,3; Wasser 95,7.

11. Zersetzungsproducte.

236 In dem Vorhergehenden haben wir die Stoffe, welche den Körper einer Pflanze oder eines Thieres bilden, kennen gelernt. So besteht die Hauptmasse des Thierkörpers aus Fibrin, leimgebendem Gebilde, Eiweiß und Fett, sowie aus Phosphorsaurem Kalk, als Bestandtheil der Knochen. Die Masse einer Pflanze wird gebildet von Pflanzenfaser, Blattgrün, Eiweiß, Gummi, Stärke, Oel u. s. w., wobei zu erinnern ist, daß die meisten dieser in Pflanzen- oder Thierkörpern enthaltenen Stoffe in Wasser entweder aufgelöst oder von demselben aufgeweicht und durchdrungen sind. Daher ist denn auch das Wasser als ein Hauptbestandtheil dieser Körper anzusehen. Endlich wissen wir, daß Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel die Elemente sind, aus welchen die sehr zusammengesetzten Moleküle aller organischen Stoffe bestehen.

Der Körper der Pflanzen und Thiere ist also ein Gebäude, wunderbar gefügt aus mannigfachen Stoffen, die bestehen und zusammenhalten, so lange der Hauch des Lebens darin waltet und das Haus vor innerm Zerfall und äußerem Andrang bewahrt und erhält. Aber von dem Augenblicke an, wo mit

dem Leben jener Widerstand aus dem Körper entwichen ist, folgen seine Bestandtheile den allgemeinen Gesetzen der chemischen Anziehung. Die zusammengesetzten Moleküle, die ihn bilden, können als solche nicht weiter bestehen; sie zerfallen, und ihre Atome ordnen sich zu einfacheren Verbindungen, die als Zersetzungsproducte hervorgehen. Doch nicht allein jene künstliche innere Zusammensetzung veranlaßt den Zerfall des Gebäudes, sondern auch die Einwirkungen des überall gegenwärtigen Sauerstoffs und des Wassers tragen hierzu bei. Noch rascher beginnt und vollendet sich die Zersetzung unter dem Einflusse und der Mitwirkung der Wärme. Wird hierbei der Einfluß der äußern Luft ausgeschlossen, so erhält die Zersetzung den Namen der Trocknen Destillation, während das Zerfallen der organischen Körper in einfachere Verbindungen bei gewöhnlicher Temperatur und Einwirkung von Luft und Wasser als freiwillige Zersetzung bezeichnet wird.

1. Freiwillige Zersetzung.

Die tägliche Erfahrung belehrt uns, daß organische Körper sofort in Zersetzung 237
übergehen, wenn sie sich selbst überlassen werden. Bei hinreichendem Luftzutritt geht dieselbe ununterbrochen fort, bis der betreffende Körper vollständig zerfallen ist in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, die wir als die Endproducte der Zersetzung anzusehen haben. Ist zugleich hinlänglich Feuchtigkeit vorhanden, so entwickeln sich, namentlich im Beginn der Zersetzung, übelriechende Verbindungen, und man bezeichnet dieselben als Fäulniß; die bei wechselndem Einfluß von Luft, Licht und Wasser langsamer vor sich gehende Zersetzung wird Verwitterung genannt, während bei mehr oder weniger gehindertem Luftzutritt, z. B. bei in der Erde befindlichen Körpern, die Vermoderung eintritt. Endlich nennt man Gährung die von der Bildung eigenthümlicher Producte begleitete Zersetzung zuckerhaltiger Flüssigkeiten.

Am raschesten erliegen der Zersetzung die reich mit Wasser durchtränkten Thierstoffe, die fast ganz aus Eiweißkörpern von hohem Molekulargewicht bestehen; am meisten Widerstandskraft leistet dagegen der Zersetzung der pflanzliche Zellstoff, der leicht austrocknet und alsdann jahrelang der Verwitterung trotzt.

Die Erfahrung lehrt ferner, daß die Zersetzung organischer Stoffe weniger rasch eintritt, wenn dieselben eine Zeitlang der Siedhitze des Wassers ausgesetzt worden sind, ja, daß sie gänzlich verhindert wird, wenn noch während der Erhitzung der Luftzutritt vollkommen abgeschlossen wird. Das genauere Studium dieser Erscheinung führte zur Feststellung der merkwürdigen Thatsache, daß die Zersetzung organischer Körper in nothwendigem Zusammenhang steht mit dem Auftreten gewisser niederer Pflanzen- und Thierformen.

Durch das Mikroskop haben wir Kenntniß erhalten von dem Vorhandensein zahlloser, höchst kleiner Pflanzen und Thiere, die eine sehr einfache Organisation besitzen. Sie bestehen im Wesentlichen aus einer häutigen Zelle, die

einen trüben, flüssigen Inhalt einschließt. Ihre Vermehrung geschieht außerordentlich rasch, entweder durch Bildung neuer Zellwände im Innern und nachherige Theilung, oder durch Hervorbringung von Keimzellen, sogenannten Sporen. Der Mangel aller höher ausgebildeten Organe erschwert mitunter bei diesen winzigen Formen die Entscheidung, ob sie dem Pflanzen- oder Thierreich angehören.

Solche Organismen sind es nun, die niemals in den Flüssigkeiten fehlen, in welchen organische Körper sich zersetzen. Sie hinterbleiben beim Eintrocknen derselben als unsichtbare Stäubchen, die von der Luft hinweggeführt und überallhin verbreitet werden. Sie haften daher nicht nur an der Oberfläche aller Körper, sondern es ist auch die Luft stets von denselben erfüllt. Gelangen dieselben an eine Stätte, die ihre Belebung, Entwickelung und Vermehrung begünstigt, so tritt diese sofort ein. Solche Stätten sind alle Pflanzen- und Thierkörper, und mit der Entwickelung jener Organismen beginnt deren Zersetzung, indem ihre Bestandtheile letzteren als Nahrung dienen.

Vorzugsweise sind es einige niedere Formen von Pilzen, welche bei diesen Vorgängen eine bedeutende Rolle spielen und es ist die gegenseitige Nothwendigkeit ihrer Entwickelung und gleichzeitig eintretender Fäulniß oder Gährung durch die genauesten und sorgfältigsten Versuche bewiesen worden. Es zeigte sich, daß alle Ursachen, welche das Leben dieser kleinen Pflanzengebilde verhindern, auch den Eintritt jener Zersetzungserscheinungen aufheben. Wird ein organischer Körper eine Zeit lang der Siedhitze des Wassers ausgesetzt, so werden alle etwa vorhandenen Pilze oder Sporen getödtet; wird sofort der Zutritt anderer durch Abschluß der Luft verhindert, so erhält sich der Körper unverändert. Es beruht hierauf das Verfahren, Gemüse und Fleischspeisen zu jahrelanger Aufbewahrung geeignet zu machen. Ja, man kann der Luft den Zutritt gestatten, ohne daß Zersetzung erfolgt, wenn man nur dieselbe vorher durch eine Röhre leitet, die etwas Baumwolle enthält, oder die zum Glühen erhitzt ist; im ersten Falle werden die in der Luft befindlichen Keimzellen zurückgehalten (abfiltrirt), im letztern zerstört.

Wenn wir ferner erfahren, daß bei der Gegenwart giftiger Substanzen, wie Sublimat, Arsenik, Carbolsäure, sowie von Alkohol und Salzlösungen weder Fäulniß noch Gährung eintritt, so wird uns dieses nicht überraschen; diese Stoffe sind dem Pflanzen- und Thierleben tödtlich und lassen daher keine Zersetzung zu Stande kommen. Ebensowenig kann weder die eine noch die andere dieser Erscheinungen eintreten bei organischen Stoffen, die vollständig ausgetrocknet oder dem Gefrieren ausgesetzt werden, beides Bedingungen, unter welchen das Leben nicht möglich ist, unter welchen aber bekanntlich Lebensmittel sich unverändert erhalten.

238 **Die Gährung** ist die freiwillige Zersetzung zuckerhaltiger Flüssigkeiten; sie heißt Geistige Gährung, wenn als Zersetzungsproducte Alkohol und Kohlensäure auftreten, und Saure Gährung, wenn im Verlauf derselben Säuren gebildet werden; Selbstgährung wird sie genannt, wenn sie ganz

von selbst eintritt, wie dies der Fall ist bei allen zuckerhaltigen Pflanzensäften, insbesondere bei dem Traubensaft oder Most und der Abkochung von Malz (§. 494). Dieselbe beginnt mit der Entwickelung der Gährungspilze Saccharomyces cerevisiae), welche in der Flüssigkeit enthalten sind und überdies aus der Luft dahin gelangen können. Die Pilzentwickelung geschieht auf Kosten des Zuckers, der in Weingeist und Kohlensäure zerfällt: $C_6H_{12}O_6 = 2(C_2H_6O) + 2CO_2$. Daher giebt sich der Eintritt der Gährung zu erkennen durch den geistigen Geruch der Gährungsmasse, welche durch die allerwärts aufsteigenden Bläschen von Kohlensäure sich schäumend erhebt. Zugleich steigt ihre Temperatur, die zwischen 10 bis 30° der Gährung sich günstig erweist; unter 10° findet sie zwar noch statt, aber langsam, unter 0° hört sie auf.

Die Entwickelung der Gährungspilze besteht, wie die aller lebenden Pflanzen, darin, daß sie wachsen und insbesondere, daß sie sich vermehren. Hierzu sind in den genannten Pflanzensäften die günstigsten Bedingungen gegeben, da sie in Zersetzung begriffene Eiweißstoffe und gewisse Salze enthalten, die zur Nahrung und vollkommenen Ausbildung der Pilze unumgänglich nothwendig sind. Es entsteht auf diese Weise im Verlauf der Gährung eine reiche Pilzvegetation, die sich in Gestalt eines Schlammes absetzt und Hefe genannt wird. Betrachtet man in der That die bei der Wein- und Bierbereitung entstandene Hefe durch das Mikroskop, so erkennt man, daß dieselbe aus kleinen kugeligen Organismen besteht.

Hiernach begreift man, daß die Hefe benutzt werden kann, um als Erreger oder Ferment in Zuckerlösungen die Gährung hervorzurufen; es ist dies nichts anderes, als die Aussaat eines Samens in Ackerland. Man bezeichnet diesen Vorgang im Gegensatz zur Selbstgährung als Künstliche Gährung. Fügt man in der That einer reinen Zuckerlösung etwas Hefe hinzu, so geräth dieselbe alsbald in Gährung und es reicht 1 Thl. Hefe hin, um 5 Thle. Zucker zu zersetzen. Hierbei findet keineswegs eine Vermehrung der Hefe durch Neubildung von Pilzen Statt, denn es fehlen der Zuckerlösung einige der Bestandtheile, die zur vollkommenen Ausbildung jener erforderlich sind. Setzt man jedoch einer Zuckerlösung außer Hefe noch ein Ammoniaksalz und Phosphorsaure Salze hinzu, so wachsen die Hefenzellen und vermehren sich, ähnlich wie dies in den natürlichen Pflanzensäften geschieht. Hefe, die eine entsprechende Menge reiner Zuckerlösung in Gährung versetzt hat, büßt ihre erregende Kraft ein, sie stirbt ab, ohne Ersatz durch neugebildete Pilze. Ebenso wird sie getödtet durch Erhitzung auf 100°, während sie selbst in der stärksten Kälte ihre Wirksamkeit nicht verliert.

Die günstigsten Bedingungen zur Bildung von Hefe sind gegeben in den Abkochungen des Malzes, wie sie in der Bierbrauerei zur Gährung gebracht werden, wobei eine reichliche Menge von Hefe als Nebenproduct gewonnen wird. Sie findet eine ausgedehnte Anwendung in der Bäckerei, zur Hervorrufung einer raschen Gährung in dem Teig, der durch die entwickelte Kohlensäure gelockert wird (§. 229).

Die Bierhefe ist wegen ihres bittern Geschmackes für manche Zwecke nicht verwendbar, auch nicht immer und überall zu haben und es bildet daher die Erzeugung von sogenannter Preßhefe einen besondern Gewerbzweig. Zu diesem Zweck wird 1 Thl. Gerstenmalzschrot mit 3 Thln. Roggenschrot eingemaischt, unter Zusatz von etwas Schlempe, d. i. dem Rückstand von der Destillation des Branntweins. Man fügt ferner $^1/_2$ Proc. Kohlensaures Natron und später $^4/_{10}$ Proc. Schwefelsäure hinzu, worauf das Gemisch mit Hefe versetzt und zur Gährung gebracht wird. Die nunmehr neu sich bildende Hefe wird mit einem Schaumlöffel ausgeschöpft, mit Wasser gewaschen, gepreßt und unter Zusatz von 10 Proc. Kartoffelstärke in Stücke geformt.

239 Als Gährungserreger oder Fermente wirken außer der Hefe gewisse in Zersetzung begriffene Stoffe, wie insbesondere faulender Käse und Blutkuchen. Es beruht dies darauf, daß dieselben durch ihre Bestandtheile und Zersetzungsproducte die Entwickelung von Hefenpflanzen und somit die Gährung begünstigen.

Wenn die Temperatur der Gährungsmasse über 30° beträgt, so geht die geistige Gährung leicht über in die saure Gährung. Der gebildete Weingeist wird zunächst in Essigsäure verwandelt. Hatte als Ferment faulender Käse gedient, so bildet sich bei 30 bis 35° Milchsäure, indem 1 Mol. Zucker in 2 Mol. Milchsäure zerfällt: $C_6H_{12}O_6 = 2\,C_3H_6O_3$. Bei höherer Temperatur bildet sich Buttersäure. Es wird angegeben, daß verschiedene eigenthümliche Gährungspilze den Anlaß geben zu diesen verschiedenen Producten; festgestellt ist, daß Weingeist ohne Mitwirkung eines Ferments in Essigsäure übergeführt werden kann.

240 **Die geistigen Getränke** sind Producte der Gährung zuckerhaltiger Flüssigkeiten und werden entweder durch nachherige Destillation bereitet, wie der Weingeist und die verschiedenen Arten des Branntweins, oder ohne Destillation, wie der Wein und das Bier.

Die Weingeist- oder Spiritusfabrikation bildet ein höchst bedeutendes Gewerbe. Wie der Name andeutet, war der Wein anfänglich allerdings das alleinige Material zur Gewinnung des Weingeistes und in manchen Gegenden von Frankreich wird derselbe auch jetzt noch in bedeutendem Umfang der Destillation unterworfen, wie z. B. in der Stadt Cognac der nach ihr benannte Branntwein erzeugt wird. Im Uebrigen bildet die Stärke der Kartoffeln und der Getreide das Hauptmaterial zur Spiritusfabrikation. Erstere werden gekocht und eingemaischt, d. i. mit geschrotenem Malz und Wasser vermengt. Nach eingetretener Umwandlung der Stärke in Zucker und nachfolgender Gährung wird die Maische der Destillation unterworfen und liefert, je nach der Einrichtung der Apparate, entweder Branntwein oder Spiritus von 85 bis 90 Proc.

Der Berechnung gemäß sollten liefern: 100 Thle. Stärke 56,7; 100 Thle. Rohrzucker 53,8; 100 Thle. Traubenzucker 51,1 Alkohol. In Wirklichkeit wird von letzterm jedoch stets etwas weniger, aus 100 Rohrzucker z. B. nur 51, erhalten, was daher rührt, daß 4 bis 5 Proc. Zucker sich zersetzen in Bern-

steinsäure und Glycerin, welche daher stets in kleiner Menge in den Gährungsproducten enthalten sind.

Der Rückstand von der Spiritusdestillation, die sogenannte Schlempe, besitzt großen Werth als Viehfutter, daher sehr häufig die Brennerei in Verbindung mit der Landwirthschaft betrieben wird.

Die aus verschiedenen Pflanzenstoffen bereiteten Branntweine besitzen einen eigenthümlichen Beigeschmack, der für mehr oder weniger angenehm gehalten wird. Die Ursache hiervon ist, daß während der Gährung sich Aetherarten bilden, die einen ausgezeichneten Geruch besitzen und diesen dem Branntwein mittheilen. So erhalten der Kartoffelbranntwein und der Kornbranntwein ihren Geruch und Geschmack von dem darin enthaltenen Fuselöl oder Amyläther. Der Rum wird aus dem Syrup des Rohrzuckers bereitet, der Arak aus gegohrenem Reis, und selbst aus der Milch bereiten die Steppenvölker der Hochebenen von Asien ein berauschendes Getränk, den sogenannten Kumiß.

Der Wein enthält, je nach dem Zuckergehalt der Trauben, aus welchen er dargestellt wurde, sehr ungleiche Mengen von Alkohol. Während der Alkoholgehalt des gewöhnlichen deutschen Weins nur 8 bis 10 Proc. und der stärkste Rheinwein nur 12 bis 14 Proc. beträgt, findet man in den Weinen des Südens von Frankreich, Spanien und Portugal 18 bis 20 Proc., der jedoch zum Theil denselben zugesetzt worden ist. Der Wein enthält ferner die in einer solchen geistigen Flüssigkeit löslichen Bestandtheile des Traubensaftes. Außer einem färbenden Stoffe gehört hierher der Weinstein, namentlich im Rheinweine häufig und demselben einen säuerlichen Geschmack ertheilend, sodann Zucker, der besonders reichlich in manchen südlichen Weinen enthalten ist oder denselben zugesetzt wird. Der Weingeruch, der allen Weinen, selbst den geringsten, eigen ist, rührt von dem Oenanthäther her; das sogenannte Bouquet, das nur die feinen Weine und in besonderem Grade die edlen Rheinweine haben, ist wohl der Gegenwart verschiedener anderer Aetherarten zuzuschreiben. Manche rothe Weine, besonders der Bordeaux, enthalten außer dem rothen färbenden Stoffe etwas Gerbsäure, die ihm einen zusammenziehenden Geschmack verleiht.

Wenn Wein in verschlossenen Flaschen vergährt, so kann die Kohlensäure nicht entweichen; dieselbe löst sich alsdann in dem Wein auf und entweicht beim Oeffnen der Flasche unter heftigem Schäumen. Solche Weine, die überdies Zusätze von Zucker und Cognac erhalten, sind die Moussirenden Weine (Champagner).

Das Bier wird bereitet, indem man gekeimte Gerste (Malz) im Braukessel mit Wasser auskocht, den erhaltenen süßen Malzabsud, Würze genannt, einsiedet und zuletzt etwas Hopfen zusetzt und in flachen hölzernen Kufen (Kühlschiffen) schnell abkühlt. Die gekühlte Würze wird nach den oben offenen Gährbottichen geleitet, wo sie bei 5^0 bis 10^0 C. eine langsame Gährung durchmacht, und noch bevor aller Zucker in Weingeist verwandelt ist, als fertiges Jungbier entweder sogleich in Zapf genommen oder auf die Lagerfässer gebracht wird. Die durch dieses Verfahren erhaltenen Biere sind braun und mehr oder weniger bitter; die dabei sich absondernde Hefe sammelt sich am Boden

der Gährbottiche und wird Unterhefe genannt und besteht aus einzelnen Kügelchen.

Hellfarbige, nicht bittere obergährige Weißbiere, die in Norddeutschland mehr beliebt sind, erhält man, wenn ungehopfte Würze eine raschere, bei 12° bis 19° C. verlaufende Gährung durchmacht. In diesem Falle wird die Hefe durch die stürmische Entwickelung von Kohlensäure als sogenannte Oberhefe auf der Oberfläche abgeschieden. Unter dem Mikroskop zeigt es sich, daß dieselbe aus verzweigten Schnüren von Fermentkügelchen besteht.

Die Bestandtheile des Bieres sind demnach, außer Wasser, 4 bis 5 Proc. Weingeist, Zucker, Gummi, welches ihm eine klebende Eigenschaft ertheilt, Bitterstoff des Hopfens und Kohlensäure, welche die Ursache seines Schäumens ist. Das Bier enthält keine stickstoffhaltigen Bestandtheile; bemerkenswerth ist ein ziemlich bedeutender Gehalt desselben an phosphorsauren Salzen. Es geht leicht in Säuerung über, indem sein Weingeist sich in Essigsäure verwandelt, und zwar geschieht dies um so eher, je schwächer das Bier ist. Die Säuerung wird vermindert durch den Bitterstoff und das ätherische Oel des Hopfens, so daß gehopftes Bier haltbarer ist, als süßes Bier. Am wesentlichsten trägt jedoch zur Erhaltung desselben die Aufbewahrung an einem möglichst kühlen Orte bei, weshalb man das Lagerbier in Kellern verwahrt, deren Temperatur im Sommer höchstens 8 Grad beträgt.

Temperaturveränderungen wirken ein auf die Haltbarkeit des Weines und des Biers. Insbesondere erregt eine höhere Temperatur eine nochmalige Gährung, die sogenannte Nachgährung, in denselben, wodurch sie sich trüben. Dieselbe wird vermieden, wenn diese Getränke eine Zeitlang auf 60° erhitzt und in luftdicht verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden.

241 **Die Fäulniss** liefert freilich Producte, die weniger erquicklich sind, als die im Vorhergehenden betrachteten. Auch hier müssen wir uns der Elemente erinnern, aus welchen die Pflanzen- und Thierkörper bestehen, wenn wir uns eine genaue Vorstellung über die beim Zerfallen ihrer Ueberreste entstehenden Producte bilden wollen. Diese sind jedoch nicht unter allen Umständen dieselben, sondern wesentlich verschieden, wenn die Fäulniß bei niederer Temperatur und Gegenwart von Wasser Statt findet, oder bei etwas höherer Temperatur und mangelnder Feuchtigkeit. Ferner liefern die Thierkörper wegen ihres größern Gehaltes an Schwefel und Stickstoff gewisse Producte viel reichlicher, als die im Verhältniß an diesen Stoffen armen Pflanzentheile. Man kann im Allgemeinen annehmen, daß während der Fäulniß bei niederer Temperatur vorzugsweise Wasserstoffverbindungen entstehen, wie Kohlenwasserstoff (Sumpfluft), Schwefelwasserstoff, Phosphorwasserstoff und Ammoniak. Unter dem Einfluß höherer Temperatur, insbesondere bei vermindertem Zutritt von Wasser, entstehen mehr Sauerstoffverbindungen, wie Kohlensäure, Schwefel-, Phosphor- und Salpetersäure.

Man sei jedoch nicht der Meinung, als ob in diesen Fällen diese Producte so ausschließlich gebildet werden, wie sie hier aufgezählt werden. Im Gegen-

theil, die erstgenannten Producte kommen mehr oder weniger unter den anderen vor, je nach der Mannigfaltigkeit der Umstände. Häufig treten im Anfange der Fäulniß, wo noch viel Wasser vorhanden ist, mehr die ersteren, gegen das Ende vorzugsweise die letzteren auf, oder die ersteren gehen endlich selbst in Sauerstoffverbindungen über. Auch verbinden sich die entstandenen Producte unter einander, so daß zusammengesetztere, wie Kohlensaures und Salpetersaures Ammoniak, Schwefelwasserstoff-Ammoniak u. a. m. entstehen.

Wichtig für die Producte der freiwilligen Zersetzung ist auch die Umgebung der ihr unterworfenen Stoffe. Enthält diese nämlich starke Basen, wie namentlich Kali oder Kalk, so entstehen vorzugsweise Säuren, die sich mit denselben verbinden und es beruht hierauf die früher angeführte künstliche Erzeugung der Salpetersäure.

Alle oben genannten Zersetzungsproducte sind im Dünger und in dem Pfuhl enthalten, und verleihen denselben einen großen Werth als Nahrungsmittel der Pflanzen. Da diese Verbindungen jedoch ohne Ausnahme flüchtig sind, so gehen viele derselben durch Verdunstung verloren. Man hat daher versucht, durch Zusatz geeigneter Basen, als Kalk, Thon, Gyps, Eisenvitriol und mancher Säuren, namentlich der Schwefelsäure, jene flüchtigen Säuren und Basen an nicht flüchtige Körper zu binden und so im Dünger zurückzuhalten.

Conservirung. Wir haben erfahren, daß die Fäulniß gleichwie die 242
Gährung nur bei Gegenwart und unter dem Einfluß kleiner lebender Organismen eintritt und daß alle Ursachen, welche das Leben dieser unmöglich machen, zugleich die Fäulniß verhindern. Zunächst kann dies bewirkt werden durch Ausschluß des Wassers. Alle wohlausgetrockneten Thier- oder Pflanzenstoffe gehen nicht in Fäulniß über. Das Austrocknen geschieht entweder an der Luft, oder durch künstliche Wärme, oder mittelst eines Körpers, der jenen Stoffen das Wasser vermöge großer Verwandtschaft zu demselben entzieht. Solche sind das Kochsalz, auch wohl der Zucker, und es beruht hierauf das Einsalzen und das Einmachen mit Zucker. Auch der Weingeist wirkt in derselben Weise auf die in ihm bewahrten Gegenstände.

In sehr niederer Temperatur tritt keine Fäulniß ein und in Eiskellern aufbewahrt oder in Eis verpackt lassen sich Fleisch und Fische im Sommer lange Zeit erhalten und weithin versenden. In Sibirien hat man ein in der Erde eingefrorenes Mammuth gefunden, ein Thier, welches lebend jetzt nicht mehr angetroffen wird. An demselben waren Haut, Haare und Fleisch noch vollkommen erhalten, so daß letzteres von Hunden gefressen wurde. Jenes Thier mag Tausende von Jahren in diesem Zustande verblieben sein.

Bringt man Fleisch, zubereitete Fleischspeisen, Milch, Gemüse oder dergleichen mehr in Blechgefäße, die nachher mit heißem Wasser angefüllt und mit einem aufgelötheten Deckel vollkommen luftdicht verschlossen und einige Stunden lang in siedendem Wasser erhitzt werden, so lassen sich diese Gegenstände über ein Jahr lang ohne alle Veränderung aufbewahren. Dieses von Appert erfundene Verfahren wird in der That befolgt, um Speisen für Seereisen oder die Winterzeit in frischem Zustande zu erhalten. Es beruht auf der Tödtung der

vorhandenen Gährungspilze durch Hitze und Verhinderung des Hinzutretens anderer. Die sogenannten comprimirten Gemüse, welche in großem Maßstabe Gegenstand der Fabrikation sind, werden keineswegs durch Zusammenpressung in den haltbaren Zustand gebracht, wie der übelgewählte Name es andeutet. Es werden vielmehr geeignete Vegetabilien, wie grüne Bohnen, Erbsen, Kohl, Wurzelgemüse und Früchte, zerschnitten und bei niederer Temperatur unter raschem Luftwechsel schnell getrocknet. Immerhin erleiden dieselben an Geschmack und sonstigen Eigenschaften eine gewisse Veränderung, namentlich da die löslichen Eiweißstoffe hierbei in unlöslichen Zustand übergeführt werden.

243 **Die langsame Verkohlung.** Wenn Pflanzenreste, wie Holz, Stengel, Blätter, Wurzeln, Moos u. s. w., unter unvollkommenem oder ganz abgeschlossenem Luftzutritt und Vorhandensein von Wasser der freiwilligen Zersetzung unterworfen sind, so treten allmälig Sauerstoff und Wasserstoff und ein Theil des Kohlenstoffs in der Form von Kohlensäure, Wasser und Kohlenwasserstoff (Sumpfluft) aus der Masse derselben aus und das Rückbleibende wird fortwährend reicher an Kohlenstoff. Es läßt sich dieses sowohl an der Farbe jener Gegenstände erkennen, die immer dunkler wird, je mehr diese Zersetzung voranschreitet, als auch durch die chemische Untersuchung. Die entstehenden Producte werden Holzerde, Mulm, Moder, Heideerde, Torf, Braunkohle oder Steinkohle genannt und unterscheiden sich nur durch den Grad der Zersetzung, als deren letztes Glied wir die Steinkohle ansehen.

Im gewöhnlichen Ackerboden ist stets eine große Masse solcher halbzersetzter Pflanzenreste enthalten, die man mit dem Namen von Dammerde oder Humus bezeichnet und die ihm die dunklere, oft schwarze Farbe ertheilt, welche der unmittelbar darunterliegende unbebaute Boden nicht besitzt.

Es finden sich als Folge der allmäligen Zersetzung der Pflanzenstoffe eine solche Masse von kohlehaltigen Producten in verschiedenen Formen angehäuft, daß wir daraus den größten Vortheil ziehen, indem wir dieselben als Brennmaterial benutzen. In der That würde die auf der Erdoberfläche vorhandene und jährlich hinzuwachsende Holzmasse nicht entfernt ausreichen, die Bedürfnisse des Menschengeschlechts zu befriedigen, wenn nicht die Kohlenschätze zu Hülfe gezogen werden könnten, welche vor Jahrtausenden angesammelt worden sind.

244 Der Torf, unstreitig das jüngste der kohleartigen Gebilde, entsteht noch fortwährend unter unseren Augen. Er verdankt seinen Ursprung hauptsächlich einer unscheinbaren Pflanze, dem sogenannten Torfmoose (Sphagnum), das auf feuchten Torfmooren sich ausbreitet. Indem der untere Theil dieses Mooses abstirbt, erhebt sich auf demselben eine neue Moosdecke, die, im folgenden Jahre ebenfalls ersterbend, sich der modernden hinzufügt, und so wächst Jahr für Jahr ein Lager kohlehaltiger Stoffe zusammen, die in achtzig bis hundert Jahren eine beträchtliche Tiefe gewinnt. Mit der Zeit schreitet die allmälige Verkohlung immer mehr voran, die unteren Schichten werden immer kohlereicher, schwärzer und durch den Druck der oberhalb sich ablagernden dichter.

Daher ist der beste Torf der älteste, dessen schwarzes Ansehen und große

Schwere kaum erkennen läßt, daß Pflanzenstoffe ihn bildeten. Der jüngere Torf ist dagegen braun, locker und läßt seine Entstehungsweise leicht erkennen. Außer den Moosstengeln schließt er mannichfache Stengel, Blätter und Wurzeln anderer in den Torfmooren wachsenden Pflanzen ein.

Der Torf enthält mehr oder weniger erdige Beimengungen. Während diese bei manchen Sorten nur wenig betragen, machen sie bei anderen 30 bis 50 Proc. aus, in welchem Falle natürlich das größere specifische Gewicht des Torfes kein Zeichen seiner Güte ist. Deshalb ist beim Beurtheilen desselben besonders auf seinen Aschengehalt Rücksicht zu nehmen.

Die Bildung der Braunkohle gehört einer Zeit an, die das Geschlecht 245
der Menschen nicht zum Zeugen hatte, obgleich sie dem Auftreten desselben ziemlich unmittelbar vorausgegangen ist. Mehr oder minder große Holzmassen wurden theils plötzlich, theils allmälig von darüber sich ablagernder Erdmasse bedeckt und in ihrem Ansehen verändert. Je nach den verschiedenen Umständen, die ihre Veränderung bewirkte, bietet die Braunkohle merkwürdige Uebergänge von vollkommen holzähnlichem Ansehen bis zur Steinkohlenform dar. Man findet Braunkohlenstämme mit deutlich erkennbaren Holzringen, Samen, Blättern und Bast, während andere Braunkohle erdig oder schwarz und dicht ist und keineswegs den pflanzlichen Ursprung erkennen läßt. In der Regel herrscht bei der Braunkohle die ihrem Namen entsprechende Farbe vor, und durch den Druck der Erdmasse, unter welcher sie sich bildete, hat sie eine ziemlich beträchtliche Dichte erhalten. Man findet in der That Stämme, die von ihrer ursprünglichen Walzenform zu platten, elliptischen Säulen zusammengepreßt sind. Die Braunkohle ist ein vortreffliches Brennmaterial, das jedoch häufig Schwefeleisen als nachtheiligen Begleiter hat.

Die Steinkohle gehört ihrer Entstehung nach einer noch viel früheren 246
Periode an. Unzweifelhaft ist sie ebenfalls aus Pflanzenstoffen entstanden, die jedoch eine solche Veränderung erlitten haben, daß es einer genauern Untersuchung bedarf, um den pflanzlichen Ursprung der Steinkohle nachzuweisen. Für den letztern spricht einestheils der Umstand, daß schon beim Torf und der Braunkohle sich der Uebergang ins Steinkohlenartige deutlich verfolgen läßt, und andererseits die Thatsache, daß in Begleitung der Steinkohlen Pflanzenreste der verschiedensten Art, ja vollkommen kenntliche Baumstämme aufgefunden worden sind. Auch läßt das Mikroskop an manchen ganz dicht erscheinenden Steinkohlen die zellige Structur noch erkennen.

Dagegen entbehren wir einer befriedigenden Erklärung über die Art und Weise, wie Steinkohlenlager gebildet werden konnten, die an einzelnen Stellen die erstaunliche Mächtigkeit von 40 und mehr Fuß erreichen, während sie anderwärts aus kaum zolldicken Bändern bestehen, die abwechseln mit zwischenliegenden Schichten von Thon und Kalk.

Die Steinkohle ist dicht, schwarz und glänzend. Das specifische Gewicht derselben ist meistens = 1,3, und vergleichen wir dieses mit der Dichte des Holzes und der Holzkohle, so ist klar, wie die Steinkohle im gleichen Raume eine bei weitem größere Menge brennbarer Theile enthalten muß. Sie ist des-

wegen ein vortreffliches Brennmaterial, das wegen seiner Dichte schwerer zu entzünden ist und einer größern Sauerstoffmenge, daher stärkern Luftzutritts oder Zuges bedarf, als dies bei Holz und Kohlen der Fall ist.

Als charakteristischen Bestandtheil der Steinkohle finden wir in derselben außer Sauerstoff und Wasserstoff stets einen kleinen Gehalt von 1 bis 2 Proc. Stickstoff. Es beruht hierauf, daß sie beim Erhitzen mit einem bituminösen Geruch verbrennt. Sie enthält ferner mineralische Stoffe, unter welchen Schwefel in Verbindung mit Eisen besonders erwähnenswerth ist.

Hieraus ergiebt sich, daß bei der Entstehung nur eine unvollkommene Verkohlung stattgefunden hat. Diese kann nachträglich geschehen, indem man die Steinkohle ganz in ähnlicher Weise wie das Holz verkohlt, wodurch auch namentlich noch der Vortheil erreicht wird, daß der Schwefel, welcher bei der Anwendung der Steinkohlen sehr nachtheilig ist, aus ihr entfernt wird. Man nennt diese Arbeit das Verkooken, und die daraus erhaltene Kohle heißt Kook. Da die Kook, mit Ausnahme der mineralischen Stoffe, nur aus Kohlenstoff bestehen und dabei eine große Dichte haben, so sind sie der vorzüglichste aller Brennstoffe, wenn in kleinem Raum eine große Hitze erreicht werden soll, weshalb sie besonders zum Heizen der Locomotiven angewandt werden. Die Kook haben ein grau glänzendes, fast metallisches, zugleich schlackiges Ansehen und sind so dicht, daß sie klingen.

Die Steinkohle kommt in außerordentlich verschiedenen Formen und von sehr ungleicher Zusammensetzung und Güte vor. Es ist klar, daß sie um so weniger werthvoll ist, je mehr mineralische, folglich unverbrennliche Stoffe sie enthält. Hinsichtlich ihres Verhaltens in der Hitze zeigen sich die gepulverten Steinkohlenarten in dreierlei Weise. Entweder bläht die Probe sich auf und backt zusammen, weshalb diese Kohlen Backkohlen heißen und zu Schmiedefeuern und zur Gasbereitung vorzüglich geeignet sind, oder das Kohlenpulver sintert nur etwas in einander und klebt zusammen, was den Sinterkohlen eigen ist, während die Probe der sogenannten Sandkohlen pulverig bleibt. Die letzteren sind weniger werthvoll.

Eine der besten Steinkohlenarten ist die in England vorkommende Kannelkohle (candle-coal, d. i. Licht- oder Leuchtkohle), welche mit schön leuchtender Flamme brennt. Diese Fähigkeit, sowie die Verwendbarkeit der Steinkohlen zu Leuchtgas ist hauptsächlich von dem Wasserstoffgehalt derselben abhängig.

247 Nachdem wir in dem Vorhergehenden das Holz, den Torf, die Braunkohle und Steinkohle kennen gelernt haben, so lassen sich hieran leicht einige allgemeine Betrachtungen über den Werth derselben als Brennstoffe anreihen.

Unsere gesammte künstliche Wärmeerzeugung beruht einestheils auf dem Verbinden des Kohlenstoffs und anderntheils des Wasserstoffs mit Sauerstoff, auf der sogenannten Verbrennung. Bei gleichen Gewichten wird daher derjenige Körper als Brennstoff am werthvollsten sein, der die größte Menge Kohlenstoff und Wasserstoff in nicht oxydirtem Zustande enthält. In 100 Pfund grünen Holzes kaufe ich nur 20 Pfund Kohle, während in 100 Pfund trocknen Holzes

40 Pfund davon enthalten sind. Bei gleichen Maaßen ist derjenige Brennstoff der werthvollere, welcher am meisten Kohlenstoff und Wasserstoff enthält und die größere Dichte besitzt.

Die Wärme, welche die Brennstoffe liefern, ist durchaus von der Art ihrer Verbrennung abhängig, denn gleiche Gewichte Kohle geben, unter ein und denselben Umständen vollkommen verbrannt, gleiche Wärmemengen. Eine vollkommene Verbrennung ist aber eine solche, wo kein Theil des Brennstoffs entweicht, ohne in die höchste Sauerstoffverbindung, nämlich in Kohlensäure, verwandelt worden zu sein. Jede Verbrennungsvorrichtung, aus welcher unverbrannte Gase und Dämpfe in der Gestalt von Rauch oder entzündbares, mit blauer Flamme brennendes Gas (Kohlenoxyd) entweichen, gewährt einen offenbaren Verlust.

In der Benutzung der Brennstoffe ist deshalb Rücksicht zu nehmen auf den Gehalt derselben an Kohlenstoff, Wasserstoff, Wasser und mineralischen Stoffen, auf ihre Dichte und die möglichst vollkommene Verbrennung derselben durch zweckmäßige Zuleitung von Sauerstoff.

Vergleichung einiger Brennstoffe.

Getrocknet bei 100° C.	Dichte	100 Gewichtstheile enthalten			
		Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	mineralische Stoffe
Holzkohle	0,187	99,07	—	—	0,03
Kook	1,08	95	—	—	bis 5
Englische Backkohle .	1,28	87	5	5	1,3
Kannelkohle	1,31	67	5	8	2,5
Braunkohle (beste) . .	1.37	66	4,8	18	2,7
Torf (bester)	—	58	5,9	31	4,6
Braunkohle (holzartige)	1,27	51	5	30	1,29
Buchenholz	0,728	49	6	44	—
dasselbe (lufttrocken) . .	—	40	—	—	—

Die vorstehende Tafel zeigt deutlich, wie der Gehalt an Sauerstoff mehr und mehr abnimmt, zu je älteren kohleartigen Bildungen man übergeht. Während wir im Holz 44 Procent Sauerstoff finden, sinkt dessen Menge in manchen Steinkohlen auf 5 Procent herunter.

Ueber die relativen Wärmemengen, welche verschiedene Stoffe bei ihrer Verbrennung liefern, haben wir in §. 172 der Physik Mittheilung gemacht.

2. Trockne Destillation.

Bei der freiwilligen Zersetzung ist es die Lebensthätigkeit kleiner Organis- 248
men, welche den Anstoß giebt zum Zerfall der zusammengesetzten Moleküle, aus

denen der Körper der Pflanzen und Thiere besteht. Die ausgelösten Atome gruppiren sich hierbei aufs Neue zu einfacheren Molekülen. Bei der trocknen Destillation ist es die Wärme, welche unter Abschluß der Luft diese Auslösung und Neubildung bewirkt.

Bis in die neuere Zeit hatte man nicht einmal eine Ahnung davon, in welch ausgedehntem Maaße hierbei Anlaß gegeben ist zur Entstehung der mannichfaltigsten chemischen Verbindungen. Außer dem Ammoniak, das schon in alter Zeit bekannt war, und dem Holzessig begegnen wir einigen kaum nennenswerthen Producten der trockenen Destillation, als gebräuchlich in der Medicin, wie dem Hirschhornsalz, der Bernsteinsäure und dem stinkenden Thieröl. Rechnen wir hierzu den aus Holz geschweelten Theer, so ist Alles genannt, was zu Anfang dieses Jahrhunderts auf diesem Wege gewonnen wurde.

Als ersten Fortschritt auf diesem für die Wissenschaft und Gewerbe von höchster Bedeutung gewordenen Gebiete haben wir die Erzeugung des Leuchtgases aus der Steinkohle anzusehen. Der hierbei als Nebenproduct gewonnene Theer, früher eine werthlose Last des Fabrikanten, ist zu einer unerschöpflichen Fundgrube werthvoller chemischer Verbindungen geworden.

Stoffe, welche der trockenen Destillation unterworfen werden, sind: das Holz, der Torf, verschiedene Formen der Braunkohle, wie Blätterkohle und bituminöse Schiefer, das Bergwachs oder Ozokerit, die Steinkohle und endlich Fleisch, Haut und andere Abfälle von Thieren. Die Erstgenannten bestehen nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; bei der Steinkohle kommen hinzu geringe Mengen von Stickstoff und Schwefel, die in den Thierstoffen reichlicher enthalten sind. Hieraus ergeben sich erhebliche Unterschiede in Anzahl und Charakter der entstehenden Producte. Letztere bilden im Allgemeinen vier Gruppen, nämlich: Brennbare Gase und Dämpfe, wässerige Flüssigkeit, Theer und rückständige Kohle. Ueberdies kann die gegenseitige Menge dieser Producte sowie ihre Zusammensetzung wechseln je nach der Art und Weise, wie die Destillation geleitet wird.

Holz liefert, außer den zur Beleuchtung verwendbaren Kohlenwasserstoffen, hauptsächlich Essigsäure, Holzgeist und einen an Brandharz und Kreosot reichen, dünnflüssigen, zum Conserviren des Holzes und Tauwerks vorzüglichen Theer. Der Rückstand ist Holzkohle.

Torf und die verschiedenen Arten von Braunkohle, die ärmer an Sauerstoff sind, liefern insbesondere die sogenannten Mineralöle, schwer flüchtige Kohlenwasserstoffe, die unter mancherlei Namen, wie Hydrocarbür, Solaröl, Krystallöl, Photogen, zur Beleuchtung dienen. Seit Einführung des Steinöls hat ihre Bedeutung sehr abgenommen.

Das Erdwachs oder Ozokerit ist ausgezeichnet durch seinen Gehalt an Paraffin und wird zu dessen Darstellung verwendet.

Die Destillation der Thierstoffe liefert eine wässerige Flüssigkeit, die reich ist an Ammoniakverbindungen und zur Gewinnung von reinen Ammoniaksalzen verarbeitet wird. Die nebenbei auftretenden brennbaren Gase und Theeröle haben einen so furchtbaren Geruch, daß man sie durch ihre sofortige Verwerthung

als Heizmaterial zu entledigen sucht. Als Rückstand dieser Destillation bleibt stickstoffhaltige Kohle.

Am eingehendsten sind die Destillationsproducte der Steinkohle studirt worden. Bei vollständiger Zersetzung von 100 Thln. Gaskohle hinterbleiben 70 bis 75 Thle. als Kook, das Uebrige wird übergeführt in Leuchtgas, Ammoniakwasser und Theer. Die nachfolgende Tafel veranschaulicht die große Mannichfaltigkeit der in diesen Gemengen enthaltenen Stoffe und Verbindungen, deren bereits über fünfzig bekannt sind, von welchen wir nur die in dem Frühern beschriebenen namentlich aufführen:

	1. Leuchtgas.		2. Theer.	3. Ammoniakwasser.	4. Kook.
leuchtende Bestandtheile.	Gase:	Kohlenwasserstoffe.	flüssige:		
	Sumpfgas, CH_4		Benzol, C_6H_6	Kohlensaures Ammoniak,	Kohlenstoff
	Aethylen, C_2H_4		Toluol, C_7H_8	NH_3, CO_2	90—93
	Acetylen, C_2H_2		Xylol, C_8H_{10}		Schwefeleisen und Asche
	u. a. m.		u. a. m.	Schwefelwasserstoff-Ammoniak,	10—7
	Dämpfe:		feste:	NH_3, SH_2	
	Benzol, C_6H_6		Naphtalin, $C_{10}H_8$		
	Naphtalin, $C_{10}H_8$		Anthracen, $C_{14}H_{12}$	Chlorwasserstoff-Ammoniak,	
	u. a. m.		Paraffin,	NH_3, ClH	
verdünnende,	Wasserstoff, H	Säuren.	Carbolsäure, $C_6H_6O_2$		
	Stickstoff, N		Chresolsäure, $C_7H_8O_2$		
	Kohlenoxyd, CO		Kreosol, $C_7H_8O_4$		
	Kohlensäure, CO_2		u. a. m.		
Verunreinigende,	Ammoniak, NH_3	Basen.	Anilin, C_6H_7N		
	Cyan, CN		Pyrridin, C_8H_5N		
	Schwefelkohlenstoff, CS		u. a. m.		
	Schwefelwasserst., SH_2	Asphalt.	Brandharz, gemengt mit Kohle.		

Natürliche Destillationsproducte. Die Lehre vom Bau und 249
der Entstehung der Erdrinde zeigt, daß zu verschiedenen Epochen die oberen Erdschichten von heraufsteigenden Strömen glühender Mineralmassen durchbrochen worden sind. An Stellen, wo diese heißen Flüsse in Berührung mit jenen Erdschichten kamen, mußten diese mehr oder weniger verändert werden. Geschah dies in der Nachbarschaft von Steinkohle, so konnte durch den Einfluß der großen Hitze dieselbe gerade so umgewandelt werden und zur Entstehung ähnlicher Producte Veranlassung geben, als ob sie der trockenen Destillation unterworfen wor-

den wäre. Mit Grund ist der Anthracit als der Rückstand der Einwirkung der Hitze auf Steinkohle anzusehen, da derselbe eben so wenig Wasserstoff und Sauerstoff enthält als Kook, von der er sich wegen des bei seiner Bildung mitwirkenden Druckes, durch Mangel an Porosität, unterscheidet. Die Stelle der künstlich erzeugten leichten Theeröle vertritt das Steinöl oder Petroleum.

Ebenso findet sich natürlicher Theer unter dem Namen Asphalt oder Judenpech (Bitumen), entweder noch weich oder vollständig erhärtet (S. 490).

Indem wir hiermit die Darstellung der chemischen Erscheinungen abschließen, werde nicht verhehlt, wie Vieles kaum angedeutet und noch Mehreres gar nicht erwähnt wurde, was für Diejenigen, welche die Chemie um eines Gewerbes oder um wissenschaftlicher Erkenntniß willen ergreifen, nützlich oder wesentlich ist, und welche darum aus den im Anfange bezeichneten reicheren Quellen schöpfen müssen.

Wie bereits früher bemerkt, hat die Chemie ihren Aufschwung in der neuesten Zeit genommen. Zeugniß dessen sind die chemischen Laboratorien und Hörsäle, die in großartigster Ausstattung für den Unterricht derselben an unseren Hochschulen allerwärts errichtet werden. Neben diesen Palästen der Wissenschaft bewahren wir unsere ganze Pietät für die erste eigentliche Pflegstätte der Chemie, die in Deutschland erstanden ist, für das hier abgebildete chemische Laboratorium zu Gießen. Von Liebig begründet, war es unter dessen Leitung eine weither besuchte Pflanz- und Musterschule der Chemie geworden, von der aus insbesondere das Studium der Organischen Chemie die mächtigste Anregung und Verbreitung gewonnen hat.



Alphabetisches Register zum ersten Theile.

P.

Q.

R.

S.

Berichtigungen.

Seite 5, Zeile 16 v. u. statt 100 m setze 1000 m.
„ 12, „ 15 v. u. statt Cub.cm. setze Kub.cm.
„ 298, „ 14 v. o. statt Letö setze Lato.